

Л. Д. Пухтяр

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЫ ВОД
ВОСТОЧНОЙ МЕЛКОВОДНОЙ ЧАСТИ КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА**

Исследуются сезонная и внутрисезонная изменчивости термохалинной структуры вод восточной мелководной части Каркинитского залива на основе материалов банка данных Морского гидрофизического института НАН Украины и Морского отделения Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Анализируются экстремальные значения, вертикальная и горизонтальная структура температуры и солености вод. Рассматривается распределение вод и взаимодействие с основной частью залива в зависимости от сезона и гидрометеорологических условий

Восточная часть Каркинитского залива, включающая в себя Джарылгачский залив, Джарылгачскую бухту и Перекопский залив, существенно выделяется своими особенностями от основной части залива. Определяющими особенностями, характеризующими термохалинную структуру, влияющими на нее и экономическое состояние восточной части Каркинитского залива, является ее мелководность (не глубже 12 м) и относительная замкнутость от основной части о-вом Джарылгач, Бакальской косой и мелководной Бакальской банкой, где глубина составляет около 3 м [1]. Следствием этого является: значительное осолонение восточной части летом (за счет интенсивного испарения), особенно при ветрах блокирующих ее водообмен, а также значительный теплозапас, накапливаемый за лето, и быстрое выхолаживание водной толщи осенью и зимой.

Изученность Каркинитского залива определяется преимущественно информацией о структуре и динамике вод всей северо-западной части Черного моря (СЗЧМ). Исследованиями термохалинной структуры и динамики вод собственно Каркинитского залива и его районов, а также их изменчивости, посвящено небольшое число работ [2 – 6]. Сравнительно малая изученность этого залива до настоящего времени не оправдана, поскольку он всегда являлся объектом повышенной хозяйственной деятельности. В частности, в последние годы, когда, наряду с интенсификацией использования его биоресурсов, проводятся работы по добыче и поиску нефти и газа, а также преимущественно в мелководной восточной части залива сбрасываются в значительных объемах неочищенные промышленные и сельскохозяйственные воды.

Данная работа посвящена исследованию сезонной и внутрисезонной изменчивости термохалинной структуры вод восточной мелководной части Каркинитского залива (ВМЧЗ) с целью расширения знаний о малоизученном районе повышенной хозяйственной деятельности. Также изучаются особенности ее распределения и влияние на него ветровых условий в этой части залива.

Используемые материалы. Исследования выполнялись на основе гидрологических измерений собранных в банке данных Морского гидрофизического института (МГИ) НАН Украины для Каркинитского залива за период

1923 по 1995 гг., метеорологических наблюдений банка данных Морского отделения Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института, полученных на морских гидрометеостанциях «Черноморское» (с 1900 по 1995 гг.), «Хорлы» и «Скадовск» (с 1939 по 1987 гг.). Обработка материалов гидрологических измерений по Каркинитскому заливу выполнялась отделом контактных методов исследований МГИ. Результаты ее отражены в отчете о работе отдела за 2004 г. [8]. Исследование термохалинной структуры мелководной части залива усложнено тем, что измерения здесь проводились редко и не систематически. При этом гидрологические станции за указанный период в ВМЧКЗ, еще в большей мере, чем в основной части залива, по сезонам распределены неравномерно. Наибольшее количество измерений приходится на весну и лето.

В период 1923 – 1995 гг. чаще всего наблюдения проводились весной. Весенние измерения имеются для 13 лет (с 1928 по 1984 гг.) и выполнены в 17-ти гидрологических съемках, из которых 13 состоят из 1 – 3 станций, 3 – из 7 – 9 станций и есть одна крупная гидрологическая съемка всей акватории ВМЧКЗ с числом станций 31 (1939 г.).

Летние измерения имеются для 12 лет (с 1930 по 1948 гг.) и выполнены в 14 гидрологических съемках, из которых 12 состоят из 1 – 6 станций и 2 – с числом станций 36 и 53 (1939 г.).

Осенние измерения выполнялись для 7 лет (с 1926 по 1987 гг.) в 6 гидрологических съемках с числом станций 1 – 4 и одной с 7-ью станциями в 1972 г. А в зимний сезон наблюдения в ВМЧКЗ отсутствуют, вследствие образования льда и других неблагоприятных погодных условий.

Сезонная изменчивость вод ВМЧКЗ. Проанализируем изменчивость термохалинной структуры вод восточной мелководной части Каркинитского залива за период 1923 – 1995 гг. в различные гидрологические сезоны года. Временные интервалы гидрологических сезонов соответствуют [5, 6]. В работе сравниваются характеристики основной части и ВМЧКЗ. Считаем, что граница между этими частями залива проходит по о-ву Джарылгач, мелководной Бакальской банке и Бакальской косе. Восточнее этой границы располагается ВМЧКЗ, западнее – основная часть Каркинитского залива.

Ввиду того, что ВМЧКЗ в зимний период, как правило, замерзает, то гидрологические съемки там в это время не проводились. Однако некоторое представление о термохалинной структуре вод в этой части залива в зимний период можно составить по имеющимся косвенным данным о температуре T и солёности S в окрестности ВМЧКЗ, а также в мало удаленных от нее мелководных и прибрежных районах.

По данным [6] в прибрежных и мелководных районах основной части Каркинитского залива температура воды может понижаться до $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в январе, а при продолжительных зимах – и в феврале – марте. Отрицательные значения температуры воды, часто достигающие $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в январе – марте, наблюдаются преимущественно на востоке основной части залива, прилегающей к ВМЧКЗ, и в мелководной прибрежной зоне.

Так, 4 – 5 марта 1964 г. в восточной части залива (у Бакальской банки) температура составляла $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, а 26 марта 1971 г. $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. В 10 км к северу от пгт.Черноморское 3 марта 1987 г. наблюдалась температура воды $0,32\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у пгт.Черноморское – $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; в это же время температура воздуха

достигала – 10,2 °С при северо – северо-восточном ветре. Зимой, в феврале, в основной части залива наблюдались температуры, не превышающие 6,4 °С в верхнем 5 м слое. Повышение температуры в заливе начинает отмечаться по ее минимальным значениям обычно с февраля и, как исключение, с марта, а по максимальным – с марта.

Ввиду мелководности и относительной изолированности районов восточной части залива, они менее чем другие, подвержены влиянию динамических процессов, протекающих в открытом море, что в полной мере относится и к ВМЧКЗ. Поэтому их воды быстро адаптируются к температуре воздуха своей акватории при минимальном влиянии на них вод основной части залива. Минимум температуры здесь достигается в январе. Дальнейшее понижение температуры вод в этом районе, несмотря на продолжающееся выхолаживание, в январе-феврале затормаживается ледообразованием. Поэтому, принимая во внимание температурный режим прилегающих к ВМЧКЗ районов в зимний сезон, можно заключить, что в ВМЧКЗ в январемарте: минимальная температура воды составляет не выше – 1 °С; максимальная температура – в январе ~ 2,7 °С, в марте 3,8 °С. Зимой, когда распределение вод в заливе минимальное, то обычно у солености верхнего слоя вод в зимние месяцы значительной изменчивости не наблюдается как по акватории залива, так и во времени. Поэтому в январе – марте более значительных, чем в основной части залива величин солености в ВМЧКЗ наблюдаться не может, и они должны быть в пределах регистрируемых в основной части залива: для максимальных значений 18,4 – 18,6 ‰, минимальных 17,4 – 17,5 ‰.

Сведения о минимальных и максимальных величинах солености и температуры вод восточной мелководной части Каркинитского залива за период 1923 – 1995 гг. по месяцам представлены в таблице. Ввиду низкой статистической обеспеченности данных в зимние месяцы сведения о них в та-

б л и ц а . Экстремальные регистрируемые значения солености и температуры вод восточной мелководной части Каркинитского залива за период 1923 – 1995 гг.

месяцы	S_{min} , ‰	S_{max} , ‰	T_{min} , °С	T_{max} , °С
январь	17,4	18,4	≤ – 1,0	2,7
февраль	17,4	18,4	≤ – 1,0	–
март	17,4	18,4	≤ – 1,0	3,8
апрель	16,0	18,1	6,9	10,5
май	17,8	18,3	14,7	19,0
июнь	17,7	20,37	16,6	24,0
июль	15,4	21,6	19,0	28,5
август	17,1	19,36	21,0	25,0
сентябрь	15,8	19,15	17,5	25,0
октябрь	17,3	19,0	8,0	17,8
ноябрь	17,6	17,8	≤ 8,0	9,8
декабрь	–	–	–	–

лице имеют оценочный характер.

Что касается существенных распреснений вод в зимний сезон, то в основной части залива они иногда наблюдаются. Так, в феврале и марте за весь период наблюдений отмечалось по одному случаю в виде пятен распреснения, понижающих соленость до 16,4 и 16,9 ‰ в феврале и марте соответственно. Чаше и более интенсивно, чем в феврале и марте распресненные воды могут проникать в январе (два случая). Так, 18 – 25 января 1970 г. наблюдалось значительное распреснение, охватившее всю основную часть залива, с минимальным значением солености 13,9 ‰ на юге центральной части и значениями 14,3 – 14,6 ‰ на участке м.Тарханкут

– пгт.Черноморское, где обычно располагаются самые соленые воды. В съемке 18 – 21 января 1971 г. распресненные воды с соленостью 15,19 ‰ наблюдались в виде пятна у северных берегов на востоке основной части залива.

При таком значительном распреснении основной части залива, как 18 – 25 января 1970 г., распресненные воды могут проникать и в ВМЧКЗ. Однако, такое явление может происходить чрезвычайно редко, так как для этого необходима еще соответствующая ветровая ситуация и погодные условия. А в январе ВМЧКЗ обычно покрывается льдом и преобладают северные и северо-восточные ветры, не способствующие проникновению вод в ВМЧКЗ.

Временную изменчивость экстремальных значений солености и температуры в ВМЧКЗ в весенний период можно видеть из таблицы. Как и в основной части залива, прогрев вод в ВМЧКЗ начинается с марта и наиболее интенсивно с апреля. Однако в основной части залива в марте T_{min} примерно на 3 °С, T_{max} на 4 °С выше, чем в ВМЧКЗ. Благодаря интенсивному прогреву мелководного района это различие быстро сокращается и затем меняется в другую сторону, и уже в апреле воды ВМЧКЗ имеют температуру выше, чем в основной части залива (T_{min} – на 2,6 °С, T_{max} – на 1,2 °С). Рост T_{max} продолжается до июля месяца, достигая 28,5 °С; T_{max} еще продолжает повышаться до августа, достигая 21 °С.

Соленость в апреле может понижаться (S_{min} до 16,0 ‰, S_{max} до 18,1 ‰). В это же время в основной части залива, величины солености составляют: $S_{min} = 17,3$ ‰; $S_{max} = 18,7$ ‰. Такое различие для S_{min} и S_{max} в основной и ВМЧКЗ может быть связано с поступлением в этот период в ВМЧКЗ пресных вод, за счет осадков и таяния снега. В последующие месяцы наблюдается увеличение S_{max} за счет испарения, достигающее наибольшего значения 21,6 ‰ в июле. В мае в залив еще мало поступает распресненных вод, которые могли бы проникнуть в ВМЧКЗ (чему препятствует значительное увеличение вероятностей северных и северо-восточных ветров), поэтому S_{min} возрастает из-за испарения до 17,8 ‰. Однако в последующие месяцы в июне – июле S_{min} уменьшается (до 17,7 и 15,5 ‰ соответственно), что связано с более интенсивным поступлением в залив все больших масс распресненных вод, которые проникают в этот период также и в ВМЧКЗ. В это время этому благоприятствуют ветры западных и юго-западных направлений. В июле, в начале летнего гидрологического сезона, достигаются наибольшие максимальные значения солености 21,6 ‰ и температуры 28,5 °С (табл.). В основной части залива в июле наблюдаемые экстремальные значения минимальной и максимальной величин солености (13,5 и 19,0 ‰) и температуры (19,0 и 26,5 °С) ниже, чем в ВМЧКЗ. Пример горизонтальных распределений солености, температуры и условной плотности, при достижении ими экстремальных значений летом, приводится на рис.1, по данным гидрологической съемки в ВМЧКЗ 13 – 19 июля 1939 г. На этом рисунке и следующих далее, точками обозначены места соответствующие расположению гидрологических станций. Из рис.1 можно видеть, что соленость, температура и условная плотность вод распределены по площади ВМЧКЗ очень неравномерно. Воды с наименьшими значениями солености находятся в местах, более доступных для вод из основной части залива: это пролив между м.Джарылгач и северной оконечностью Бакальской банки (18,2 – 18,6 ‰); центральная часть ВМЧКЗ и восточная окрестность Бакальской

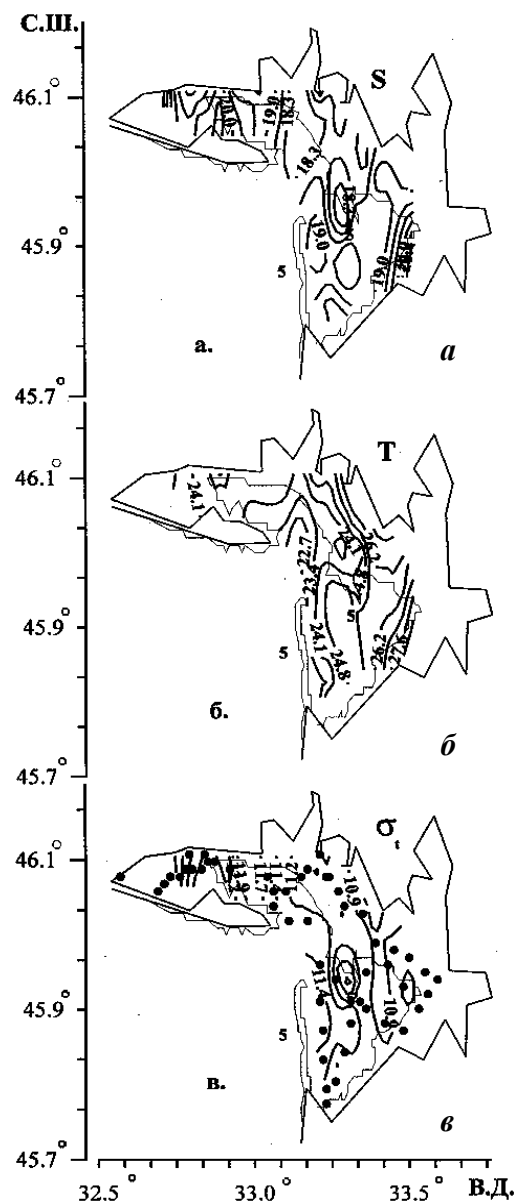


Рис. 1. Горизонтальные распределения в верхнем слое ВМЧКЗ солености (а), температуры (б) и условной плотности (в) по данным гидрологической съемки 13 – 19 июля 1939 г.

В июле наблюдаются самые интенсивные и крупномасштабные распределения залива, что сказывается на снижении солености и плотности вод ВМЧКЗ. Меньшие по масштабам охвата акватории залива, чем в июле, но еще довольно интенсивные и многоводные распределения основной части залива, могут наблюдаться в августе и сентябре. Однако в ВМЧКЗ в августе S_{min} возрастает до 17,1 ‰, S_{max} уменьшается до 19,36 ‰ (табл.). В сентябре

банки и косы (18,4 – 18,8 ‰). Воды с наибольшими соленостями располагаются у крайнего восточного побережья, у входа в Перекопский залив, достигающие 21,6 ‰, и в самой западной части, в Джарылгачской бухте, достигающие 20,8 ‰. Таким образом, соленость в ВМЧКЗ возрастает от ее центральной части на запад (от 18,2 до 20,8 ‰) и от Бакальской банки на восток (от 18,2 до 21,6 ‰).

Изменчивость температуры по ВМЧКЗ не всегда следует тенденции изменчивости солености (рис.1, б). Наименьшие температуры (22,5 – 24,5 °С) наблюдаются между м. Джарылгач и Бакальской косой, а также восточнее Бакальского пролива, в центре ВМЧКЗ. На востоке от Бакальской банки температура значительно повышается от 23,5 до 28,5 °С у крайнего восточного побережья, у входа в Перекопский залив. Однако в западной части (в Джарылгачском заливе и Джарылгачской бухте) температура составляет 23,5 – 24,0 °С, то есть не значительно отличается от температуры вод у Бакальской банки и центра ВМЧКЗ.

В большей части ВМЧКЗ плотность вод σ_t не высокая, и ее изменения не велики (рис.1, в). Восточнее меридиана 33,2° в.д. плотность составляет 10,6 – 11,5 у.е. Наиболее низкая плотность наблюдается у входа в Перекопский залив (10,6 – 11,2 у.е.) и несколько выше (до 11,5 у.е.) в окрестности Бакальской банки. Наибольшие величины и изменчивость плотности вод наблюдаются в Джарылгачском заливе и Джарылгачской бухте, составляя 11,3 – 13,4 у.е.

S_{min} понижается до 15,8 ‰, с октября наблюдается повышение S_{min} , которое продолжается до весеннего сезона. В основной части залива низкие минимальные величины солёности 15,4 – 15,8 ‰ регистрируются как в августе, так и в сентябре. Но, как видно из таблицы, в августе распреснённые воды очень слабо проникают в ВМЧКЗ (17,1 ‰), а в сентябре их проникновение возрастает и более существенно распресняет воды, до $S_{min} = 15,8$ ‰.

Рассматривая причины такого явления, вполне оправдано предположить его связь с ветровой ситуацией. Так, в августе уменьшается вероятность западных, северо-западных, юго-западных ветров, способствующих проникновению вод в ВМЧКЗ, до 0,94; 7,1; 3,4 %, составлявших в июле 4,3; 14; 6,3 %, и увеличивается вероятность северных и северо-восточных направлений до 11 и 14 %, затрудняющих их проникновение, составлявших в июле 4,4 и 5,3 % [7]. В сентябре вероятности северных и северо-восточных ветров понижаются до 8,9 и 9,9 %, в то время как вероятность западных, северо-западных, юго-западных направлений повышаются до 2,9; 8,7; 3,2 % [7]. Что, как видим из таблицы, в точности отражается на проникновении распреснённых вод из основной части залива в ВМЧКЗ.

В начале осени, в сентябре, горизонтальные распределения S , T , σ_t в ВМЧКЗ существенно изменяются по сравнению с летними. Хотя максимальная солёность еще высокая (19,15 ‰), но местоположение ее перемещается с мелководных районов (< 5 м) в места с относительно большими глубинами (> 5 м), ближе к Бакальской банке. Это можно видеть из рис.2, где приводятся осенние распределения S , T , σ_t в ВМЧКЗ и западнее Бакальской банки по гидрологическим измерениям 23 – 24 сентября 1972 г. Температура за счет начавшегося выхолаживания понизилась, особенно в мелководных прибрежных частях (до 18,2 °С). В тоже время в более глубоком прибрежном районе основной части залива температура составляла 20,4 °С, т.е. на 2,2 °С выше. Однако в отличие от июльских распределений S , T , σ_t (рис.1) в сентябре (рис.2) они имеют более равномерный характер по горизонтали и разброс значений для разных районов ВМЧКЗ меньше.

В середине осени, в октябре, величины солёности в ВМЧКЗ еще наблюдаются высокими (19,0 ‰), близкими S_{max} в сентябре. В ноябре, в результате увеличения осадков, более интенсивного перемешивания вод различных частей ВМЧКЗ и поступления вод из основной части залива, наблюдается отно-

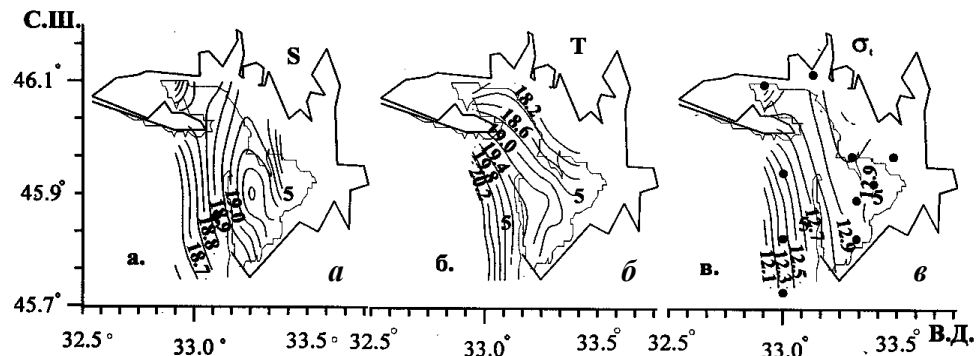


Рис. 2. Горизонтальные распределения в верхнем слое ВМЧКЗ солёности (а), температуры (б) и условной плотности (в) по данным гидрологической съемки 23 – 24 сентября 1972 г.

сительное выравнивание солености по всей ВМЧКЗ. При этом S_{min} повышается до 17,6 ‰, S_{max} понижается до 17,8 ‰. В дальнейшем, до января месяца, благодаря поступлению вод из основной части залива и интенсивному перемешиванию их с водами ВМЧКЗ, максимальные величины солености увеличиваются до значений, близких основной части залива (18,4 – 18,5 ‰). Так же мало изменяется в этот период и минимальная соленость (17,4 – 17,6 ‰).

Сравнивая солености вод ВМЧКЗ и основной части залива, замечено, что имеются случаи, когда в ВМЧКЗ воды являются менее солеными, чем в основной части залива (июль 1961 г., май 1962 г., сентябрь 1983 г.). Причинами такого явления могут быть: распреснения ранней весной благодаря осадкам и таянию снегов; малый водообмен с основной частью залива, когда распресненные воды, проникнув в ВМЧКЗ, остаются там практически неизменными в результате изменения ветровой ситуации, препятствующей водообмену; интенсивные дожди летом и осенью и сбросы вод в это время с рисовых полей. Так, весной 21 – 31 мая 1962 г., когда в основной части залива соленость имела величины 18,0 – 18,2 ‰, в ВМЧКЗ она составляла 17,8 – 17,9 ‰, а летом 7 – 22 июля 1961 г. 17,3 – 17,6 ‰.

Минимальные значения солености вод в ВМЧКЗ изменяются в течение года от существенно распресненных весной и летом (15,4 – 16,0 ‰) до промежуточных, наблюдаемых во все сезоны года (17,1 – 17,6 ‰). Максимальные значения солености вод (с января по май) имеют стабильно высокие значения (18,1 – 18,4 ‰). Однако в июне они повышаются еще больше (до 20,37 ‰), а в июле достигают годового максимума (21,6 ‰), в августе понижаются до 19,36 ‰, а в сентябре и октябре сохраняют значения 19,0 – 19,15 ‰. В ноябре очень соленых вод не наблюдалось, а регистрировались значения промежуточных по солености вод (17,8 ‰).

Исследуя сезонную изменчивость солености в ВМЧКЗ, можно было заметить, что, несмотря на замкнутость этого района, в нем могут наблюдаться существенные распреснения с весны до осени. Поэтому существуют вопросы: насколько часто в течение года, сезона может наблюдаться проникновение распресненных вод в ВМЧКЗ, и бывают ли здесь распреснения зимой; как часто обновляются эти воды полностью или частично; сколько времени они могут находиться в ВМЧКЗ. От ответов на них зависят научные рекомендации по экологии вод, по допустимому объему сбросов в эту часть залива. Кроме некоторых оценок, дать обоснованные ответы на эти вопросы из-за недостатка экспериментальных данных в настоящее время не представляется возможным. В отношении последнего из поставленных вопросов представляют интерес две съемки, выполненные 20 июля и 23 – 27 сентября 1983 г., зарегистрировавшие случаи проникновения в ВМЧКЗ значительно распресненных вод.

Летом, в период съемки 15 – 20 июля 1983 г., наблюдался редкий случай распреснения вод залива, с очень низкими значениями солености (13,5 – 16,6 ‰) и плотности (7,4 – 9,4 у.е.), охватившего весь залив, включая и его мелководную восточную часть. В период съемки наиболее распресненные воды присутствовали в центральной части залива (13,5 – 13,6 ‰), наиболее соленые – в западной, у его входа (16,6 ‰). В южной части, у м.Тарханкут, где чаще всего обнаруживаются потоки соленых вод, в верхнем слое 0 – 5 м присутствовали воды с $S = 13,7 – 15,7$ ‰.

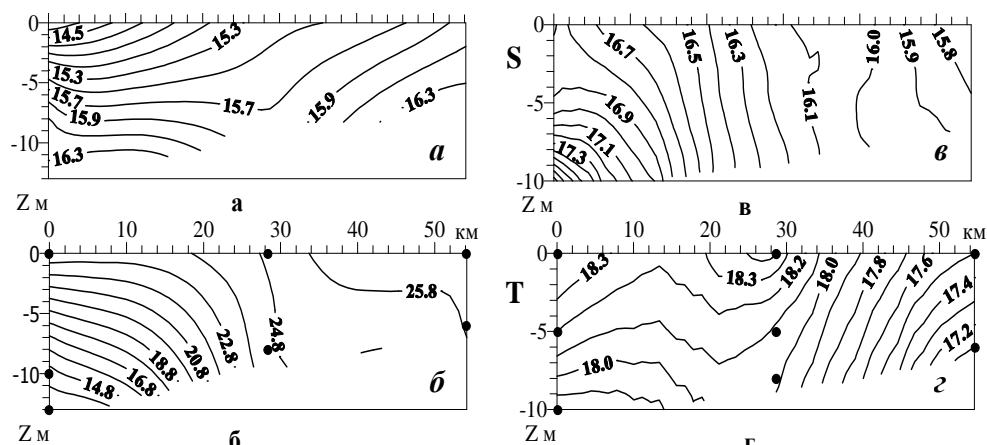
В ВМЧКЗ, от Бакальской банки до Перекопского залива, где в это время года наблюдаются значения солености более 18 ‰, соленость от поверхности до дна составляла 15,7 – 16,3 ‰ при плотности 8,6 у.е. (рис.3, а) (от 30-ого до 50-ого км разреза). По вертикали распресненные воды (до 17 ‰) проникли до 17 – 18 м на севере основной части залива и по всей глубине ВМЧКЗ. В основной части залива глубже всего распресненные воды проникли в ее центре (до 22 – 26 м). А за 3 – 4 дня (в период с 15 по 18 – 19 июля произошло заглубление распресненных вод в центре залива, на участке 18 – 20 км с 20 м до дна (32 м).

Процессам распреснения залива способствовала ветровая ситуация, когда преобладающее направление ветра было западным со средней скоростью 1,8 м/с. Температура в рассматриваемый период соответствовала летним значениям: в верхнем слое 0 – 5 м по горизонтали от 21 до 26,5 °С, по вертикали от поверхности до дна от 26 до 7 °С. Во всем заливе, кроме восточной мелководной части, наблюдалась вертикальная стратификация.

Следующая съемка выполнена 23 – 27 сентября 1983 г., немного более чем через два месяца после отмеченного сильного распреснения залива. За период между этими съемками не во все части залива после столь значительного распреснения проникли более соленые воды. В частности, в мелководной восточной части залива (рис.3, в) наблюдалась самая низкая в заливе соленость вод (15,8 – 16,1 ‰) со слабой вертикальной стратификацией. За указанный период соленость там изменилась всего на 0,1 – 0,2 ‰ (рис.3. а, в), что свидетельствует о ее слабом водообмене с основной частью залива.

По вертикали распресненные воды 23 – 27 сентября 1983 г. в основной части залива наблюдались до глубин 5 – 10 м на севере (часто до дна), а в центре до 17 – 21 м. На больших глубинах и до самого дна во всем заливе присутствовали воды промежуточной солености (17,0 – 17,6 ‰), при этом очень соленых вод не обнаруживалось.

Температура за прошедшие два месяца снизилась в верхнем слое мелководной восточной части до 17,1 – 18,0 °С (рис.3, б, з), а в основной части залива до 18,3 – 19,0 °С. Это также означает, что адвекции тепла в ВМЧКЗ



Р и с . 3 . Вертикальные разрезы солености (а, в) и температуры (б, з) вод от северного побережья основной части залива к центру ВМЧКЗ, по данным гидрологических съемок 19 июля (а, б) и 26 сентября (в, з) 1983 г.

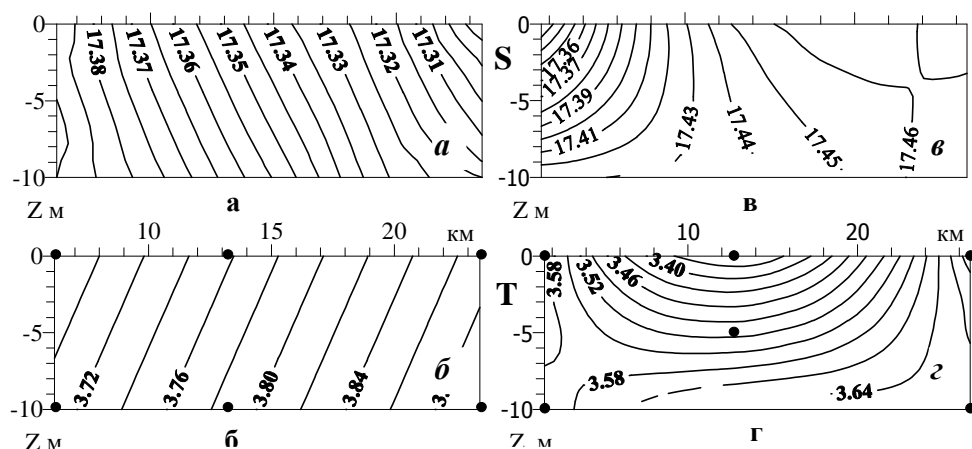
за счет поступлений вод из основной части залива не происходило.

Преобладающий ветер в это время имел направления северо – северо-западное и среднюю скорость 3,5 м/с, не способствовавшие интенсивному выносу вод из залива.

Рассмотрим подробнее ветровую обстановку с 1 июля по 26 сентября 1983 г., чтобы оценить возможности поступлений в этот период распресненных вод в залив. Исследуя данные о скоростях и направлениях ветра в течение июля – сентября 1983 г по ст.Черноморское, можно было определить, что столь значительное распреснение вод залива 15 – 20 июля обусловлено преобладающими ветрами западного, юго-западного, южного направлений со скоростями 1 – 7 м/с действовавшими около 13 суток (7 – 20 июля). В последующем (с 22 по 30 июля) этот процесс продолжался при увеличивающихся скоростях ветра (до 8 – 10 м/с). В дальнейшем (с 1 августа по 17 сентября) снизились интенсивность и длительность воздействий ветров благоприятных направлений, приводящих к распреснению залива, составившие 4 в начале и 6 дней в конце августа с преобладающими скоростями ветра 2 – 4 м/с и 4 дня в сентябре с преобладающими скоростями ветра 2 – 5 м/с. Такие ветры не могли привести к масштабным распреснениям залива, сравнимым с июльским. Но с 23 по 26 сентября (3 суток) наблюдались ветры западного, юго-западного, южного направлений с повышенными скоростями 1 – 7 м/с, кратковременно достигавшими 12 м/с (23 сентября). Однако, в этот период на западе, к входу залива поступали воды более высокой солености (17,3 ‰), чем воды, располагающиеся на востоке основной части и ВМЧКЗ, где соленость в это время составляла 15,7 – 16,3 ‰. То есть соленость поступавших вод с запада была выше, находившихся в это время на востоке. Из этого можно заключить, что распресненные воды, проникшие туда 56 суток назад, мало изменили свою соленость (на 0,1 – 0,2 ‰), вследствие малого водообмена между этими частями залива.

Из рассмотрения этих последовательных съемок следует, что происшедшее распреснение вод залива 15 – 20 июля 1983 г. является редким и наиболее значительным за период наблюдений 1939 – 1992 гг., как по масштабу площади распреснения, так и по низким значениям солености вод (13,5 – 16,6 ‰). Распреснение проникло во все районы залива, в том числе и в мелководную восточную часть ($S = 15,7 - 16,3$ ‰), где в это время, как правило, значения солености превышают 18 ‰, и южнее м.Тарханкут, откуда обычно вторгаются соленые воды. Около двух месяцев в заливе практически не происходило осолонения, а только горизонтальное и вертикальное перемешивание вод по всей акватории. Это привело к преобладанию распресненных и промежуточных вод (вод, находящихся в зоне перемешивания разнородных соленых и распресненных водных масс) до самого дна и к полному исчезновению соленых вод к 23 – 27 сентября 1983 г.

Изменение солености вод за 56 суток в разных частях залива было не одинаковым. В основной части залива изменение солености в верхнем слое составляло 0,8 – 2,3 ‰: с 13,5 – 16,6 ‰ (19 сентября) до 15,8 – 17,3 ‰ (26 сентября). Однако, совершенно незначительное изменение солености на 0,1 – 0,2 ‰: с 15,7 – 16,3 ‰ (19 сентября) до 15,8 – 16,1 ‰ (26 сентября) наблюдалось в восточной мелководной части залива, что фактически свидетельствует о ее слабом водообмене с основной частью залива.



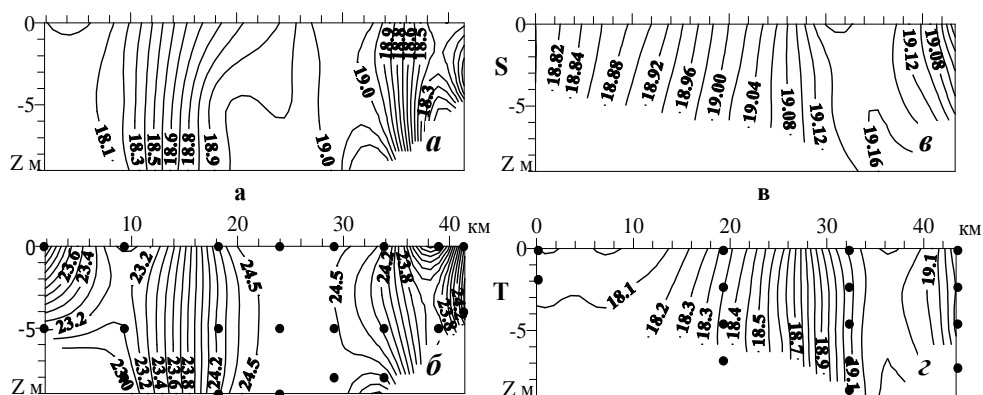
Р и с . 4 . Вертикальные разрезы солености (а, в) и температуры (б, г) вод с севера на юг, по меридиану $33,15^{\circ}$ в.д., от м.Джарылгач на юг, вдоль Бакальской банки в зимний (18 – 21 января 1971 г.) (а, б) и весенний (19 – 29 марта 1971 г.) (в, г) сезоны.

В то же время, сезонный температурный режим вод во всех частях залива не был нарушен, что, в данном случае, также является подтверждением слабого водообмена в этот период между ВМЧКЗ и ее основной частью.

Рассмотрим несколько подробнее вертикальную термохалинную структуру вод в ВМЧКЗ. Зимой (в январе) и в начале весны (в марте) наиболее характерными в ВМЧКЗ являются воды с соленостью 17,4 – 17,8 ‰. При этом наблюдается очень слабая вертикальная и горизонтальная стратификация солености и температуры вод. Примером этого могут служить вертикальные разрезы солености и температуры от м.Джарылгач на юг, вдоль Бакальской банки (по меридиану $33,15^{\circ}$ в.д.) 18 – 21 января (рис.4, а, б) и 19 – 23 марта (рис.4, в, г) 1971 г. Из рис.4 можно видеть, что в периоды съемок в январе и марте на протяжении разрезов регистрировались следующие изменения: для солености – по горизонтали до 0,09 ‰ (январь) и 0,13 ‰ (март), по вертикали 0,01 ‰ (январь) и 0,06 ‰ (март); для температуры – по горизонтали до 0,18 °С (январь) и 0,32 °С (март), по вертикали до 0,02 °С (январь) и 0,05 °С (март). Т.е. из зимних и весенних разрезов следует, что стратификация солености и температуры незначительная и практически воды ВМЧКЗ являются квазиоднородными как по горизонтали, так и по вертикали.

Осенью термохалинная структура вод в ВМЧКЗ подобна той, что наблюдается зимой и весной. Квазиоднородные по вертикали воды наблюдаются по всей ВМЧКЗ. Примером этого может служить вертикальный разрез с севера на юг, вдоль Бакальской банки – 23 – 24 сентября 1972 г. (рис.5, в, г) по меридиану $33,26^{\circ}$.

Летом в вертикальной структуре вод происходят, в основном, количественные изменения S и T , в июле они принимают максимальные значения, тем не менее, оставляя вертикальную структуру квазиоднородной. Примером такой структуры может служить вертикальный разрез с севера на юг, вдоль Бакальской банки 13 – 19 июля 1939 г. (рис.5, а, б) по меридиану $33,26^{\circ}$. Как можно видеть из рис.5, вертикальная структура S и T в центре ВМЧКЗ меняется мало. Однако в прибрежной зоне, шириной около 10 км, воды менее однородны и там наблюдается небольшая вертикальная стратификация



Р и с . 5 . Вертикальные разрезы солёности (а, в) и температуры (б, г) вод с севера на юг, по меридиану 33,26° в.д., вдоль Бакальской банки в летний (13 – 19 июля 1939 г.) (а, б) и осенний (23 – 24 сентября 1972 г.) (в, г) сезоны.

солёности и температуры (рис.5, а, б), которая обусловлена более интенсивным прогревом мелководных районов летом, а осенью – более интенсивным выхолаживанием. В остальной части ВМЧКЗ в эти сезоны наблюдается квазиоднородность вод, как по солёности, так и по температуре. Зимой и весной квазиоднородными по вертикали являются воды всей ВМЧКЗ.

По горизонтали к квазиоднородным воды можно отнести в зимний, весенний и вторую половину осеннего сезонов. В начале осени еще сохраняется небольшая горизонтальная неоднородность, характеризующаяся изменчивостью в пределах ВМЧКЗ для солёности ~ 0,34 ‰, для температуры ~ 1,1 °C (рис.2).

Летом, особенно в июле, горизонтальная неоднородность S и T может быть довольно значительной и изменчивость в пределах ВМЧКЗ может достигать для солёности 3,3 ‰, для температуры 5 °C (рис.1, а, б). Заметный рост S и T по горизонтали наблюдается: в Джарылгачском заливе, с востока на запад; от Бакальской банки на восток, к Перекопскому заливу; а также для S от окраин к центральной части ВМЧКЗ, что можно видеть из рис.1 и 5, а, б. Однако, несмотря на существенную неоднородность по горизонтали (рис.1, а, б), по вертикали, как летом, так и осенью воды являются квазиоднородными (рис.5).

Подводя итог, сформулируем основные результаты анализа сезонной и внутри сезонной изменчивости термохалинной структуры вод ВМЧКЗ. Для максимальных значений солёности характерно:

- в зимний сезон квазипостоянство (~ 18,4 ‰) с января по март;
- в начале весеннего сезона, в апреле небольшое понижение максимальной солёности вод (до 18,1 ‰), связанное с таянием снега и осадками. Затем относительно быстрый рост солёности за счет испарения, которая может достигать наибольших величин 21,6 ‰ в конце весны – начале лета, в июле;
- понижение S_{max} с середины лета (августа) и относительная стабильность максимальной солёности в течение августа – октября (19,0 – 19,36 ‰);
- существенное понижение S_{max} в ноябре за счет осадков, поступления вод из основной части залива и перемешивания;
- дальнейшее поступление вод из основной части залива и интенсивное их перемешивание приводит к январю к выравниванию S_{max} основной и ВМЧКЗ и квазипостоянству S_{max} в течение зимы.

Для минимальных значений солености наблюдается:

- в зимний сезон практическое квазипостоянство, $S_{min} = 17,4$ ‰ на уровне солености промежуточных вод;
- заметное понижение S_{min} в начале весны до 16 ‰, связанное с таянием снегов и осадками;
- повышение солености в мае за счет поступления в ВМЧКЗ более соленых вод из основной части залива и увеличивающегося испарения;
- рост поступлений распресненных вод с мая по июль приводит к уменьшению величин минимальной солености достигающих наименьшего значения 15,4 ‰ в конце весны – начале лета, в июле;
- за счет сезонной перестройки погодных условий в августе, в основном благодаря уменьшению вероятностей западных, северо-западных, юго-западных ветров и увеличению северных и северо-восточных ветров, затрудняющих поступление из основной части залива в ВМЧКЗ менее соленых вод, может происходить повышение S_{min} до 17,1 ‰;
- в сентябре возвращаются погодные условия, способствующие поступлению распресненных вод из основной части залива в ВМЧКЗ, при этом возможно понижение S_{min} до 15,8 ‰;
- с октября интенсивность распреснения уменьшается, S_{min} непрерывно повышается, стабилизируясь к середине осени, поддерживая значения 17,3 – 17,6 ‰ до начала зимы.

Максимальные значения температуры в зимний сезон достигают наименьшего значения в январе (~ 2,7 °С). В марте T_{max} повышается до 3,8 °С, что на 4 °С меньше, чем в основной части залива. В последующем происходит прогрев вод, более интенсивный, чем в глубоководном районе, и уже в апреле температура достигает 10,5 °С, что на 1,2 °С выше, чем в основной части залива. Повышение температуры происходит до июля, когда T_{max} достигает 28,5 °С. В последующие два месяца (август и сентябрь) T_{max} не меняется, составляя 25 °С. С середины осени (октябрь) T_{max} непрерывно уменьшается, опережая охлаждение основной части, где в ноябре $T_{max} = 16$ °С, а в ВМЧКЗ в это время $T_{max} = 9,8$ °С.

Минимальные значения температуры в зимние месяцы, начиная с января и до марта, понижаются до $T_{min} \leq -1,0$ °С. В январе ВМЧКЗ замерзает, что препятствует дальнейшему понижению температуры вод. Весной, в конце марта и особенно в апреле, происходит таяние снегов и льдов, и воды интенсивно прогреваются, достигая в апреле 6,9 °С, что на 2,6 °С превышает минимальную температуру основной части залива. Наиболее интенсивный прогрев вод отмечается в мае, как по минимальным, так и по максимальным температурам, возрастающим на 7,8 – 8,5 °С. Непрерывное повышение минимальных значений температуры продолжается до середины лета и в августе достигает 21 °С. Однако, уже в сентябре температура снижается до 17,5 °С, а в октябре принимает значение 8 °С, сравниваясь с T_{min} основной части залива. Далее процесс выхолаживания вод в ВМЧКЗ происходит более интенсивно, чем в глубокой части, и с ноября воды ВМЧКЗ имеют значения T_{min} ниже, чем в основной части залива.

Кроме указанных особенностей температуры ВМЧКЗ, в ней существенно проявляется суточный ход, наиболее заметный зимой, когда отрицательные температуры воды ночью (до – 1,0 – 0,8 °С) могут сменяться положи-

тельными дном (до + 0,2 – + 0,5 °С), что также связано с мелководностью и слабым водообменом с более глубокими районами.

В большей части ВМЧКЗ во все сезоны наблюдается вертикальная квазиоднородность вод, как по солености, так и по температуре. А по горизонтали к квазиоднородным воды можно отнести в зимний, весенний и во вторую половину осеннего сезонов.

На экспериментальном примере в летне-осенний период получено, что возможны случаи, когда воды ВМЧКЗ не претерпевают существенного взаимодействия с основной частью залива около двух месяцев.

Краткие выводы. 1. В ВМЧКЗ наблюдается большая и более интенсивная, по сравнению с основной частью залива, сезонная и внутрисезонная изменчивость термохалинной структуры.

2. Несмотря на относительную замкнутость ВМЧКЗ, в ней могут наблюдаться значительные распреснения вод с весны до осени. Существенную роль в проникновении в нее распресненных и соленых вод из основной части залива играет ветровой режим.

3. В летне-осенний период возможны такие ветровые условия, когда проникновение вод в ВМЧКЗ не будет наблюдаться около двух месяцев (по имеющимся данным – один случай).

4. Характерной особенностью термохалинной структуры ВМЧКЗ во все сезоны является вертикальная квазиоднородность вод, как по солености, так и по температуре. По горизонтали к квазиоднородным можно отнести воды в зимний, весенний и во вторую половину осеннего сезонов.

Выражаю благодарность Н.Н.Запелаловой за работу с банком данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкович В.П.* Берега Черного и Азовского морей.– М.: ГИГЛ, 1958.– 373 с.
2. *Демидов А.Н.* Особенности сезонной изменчивости температуры поверхностного слоя прибрежных вод северо-западной части Черного моря // Труды ГОИН.– 1988.– 189.– С.78-85.
3. *Блатов А.С., Булгаков Н.П., Иванов В.А. и др.* Изменчивость гидрофизических полей Черного моря.– Л.: Гидрометеиздат, 1984.– 231 с.
4. *Новицкий В.П.* Влияние динамики вод на характер распределения океанографических показателей биологической продуктивности и морских организмов в северо-западной части Черного моря // Океанографические исследования в Черном море.– М.: Труды АзчерНИРО.– 1968.– 27.– С.3-17.
5. *Большаков В.С.* Трансформация речных вод в Черном море.– Киев: Наукова думка, 1970.– 328 с.
6. *Пухтяр Л.Д., Ильин Ю.П., Белокопытов В.Н.* Сезонная и пространственная изменчивость термохалинной структуры вод Каркинитского залива // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон, и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– вып.8.– С.48-63.
7. *Типовые поля ветра и волнения Черного моря /* Под ред. Альтмана Э.Н. и Матушевского Г.В.– Севастополь: СО ГОИН, 1987.– 116 с.
8. *Отчет* отдела контактных методов исследований Морского гидрофизического института НАН Украины о работе за 2004 г.– Севастополь, 2004.– 263 с.

Материал поступил в редакцию 21.06.2004 г.
После доработки 17.03.2005 г.