

П.Д.Ломакин\*, Б.Г.Троценко\*\*,  
А.И.Чепыженко\*, А.А.Чепыженко\*

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

\*\**Южный научно-исследовательский институт  
морского рыбного хозяйства и океанографии, г. Керчь*

### **ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ В АВГУСТЕ 2011 ГОДА**

На базе данных совместной комплексной экспедиции, реализованной сотрудниками ЮгНИРО (г.Керчь), ВНИРО (г.Москва) и МГИ НАН Украины (г.Севастополь) в августе 2011 г., проанализировано трехмерное поле векторов течения и структура полей основных гидрофизических элементов в Керченском проливе. У керченского берега пролива обнаружен эффект ветрового сгона. Выполнена оценка загрязнения рассматриваемой акватории растворенным органическим веществом искусственного происхождения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Керченский пролив, течения, температура, соленость, суммарное взвешенное вещество, растворенное органическое вещество.*

1 – 2 августа 2011 г. в Керченском проливе была проведена одна из самых емких комплексных экспедиций за всю историю его исследования. Экспериментальные океанологические работы, включившие широкий комплекс гидрофизических, гидрооптических, гидробиологических и геологических параметров среды, а также орнитологические наблюдения, были выполнены сотрудниками ЮгНИРО (г.Керчь), ВНИРО (г.Москва) и МГИ НАН Украины (г.Севастополь).

В настоящей статье представлен анализ трехмерного поля векторов течений, структуры полей температуры, солености, суммарного взвешенного в воде вещества и растворенного органического вещества (показателя биологического загрязнения вод) исследуемой акватории.

**Исходные данные и методы исследования.** Съёмка выполнена по схеме станций, показанной на рис.1, а. В течение экспедиции и за сутки до ее начала над проливом преобладал устойчивый слабый (2 – 6 м/с) ветер западной четверти (265 – 300 °) (рис.1, б).

Забортные работы на станциях проведены с борта маломерного заякоренного судна при непосредственном участии авторов. Временные затраты на каждую станцию около 1 – 1,5 ч, что позволило дополнить комплекс отслеживаемых параметров среды наблюдениями за течением. Диапазон глубин на полигоне 4 – 16 м.

Массивы исходной информации получены при помощи биофизического комплекса «Кондор» [1]. Температура, соленость, суммарное взвешенное в водной толще вещество и растворенная органика фиксировались в зондирующем режиме с шагом по глубине 0,1 м. Течения измерялись при помощи портативного автономного регистратора, которым снабжен комплекс «Кондор», на горизонтах 0,5; 2; 4 м и у дна. Дискретность наблюдений за

© П.Д.Ломакин, Б.Г.Троценко, А.И.Чепыженко, А.А.Чепыженко, 2011

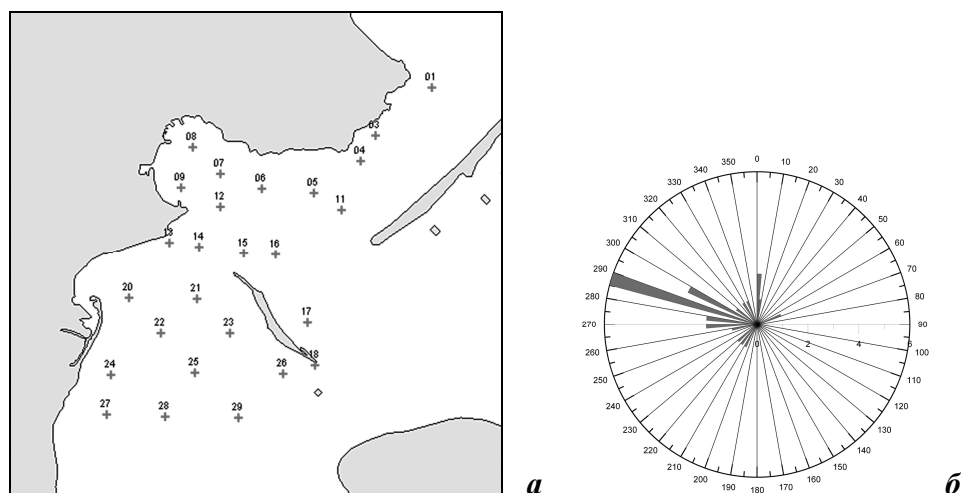


Рис. 1. Схема океанологических станций (а) и роза ветров над Керченским проливом за время с 31 июля по 2 августа 2011 г. (б).

течениями 20 с. Время экспозиции прибора на горизонтах каждой станции 20 – 40 мин. Для анализа использованы средние по каждой из фактических реализаций векторы течений.

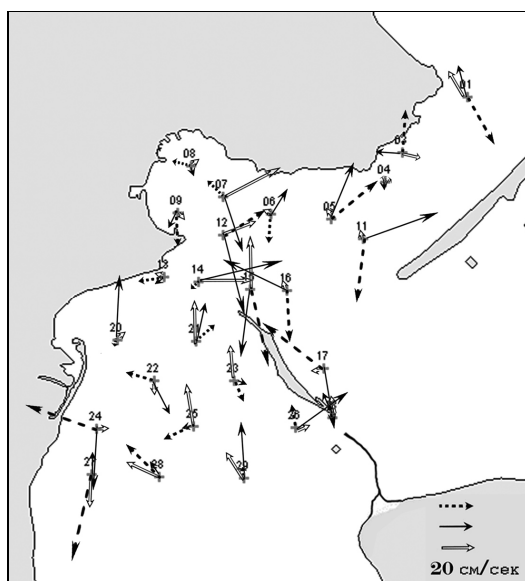
**Обсуждение результатов.** *Течения в проливе.* Известно [2 – 5], что система течений в Керченском проливе имеет преимущественно ветровой характер. В существенной мере она определяется направлением ветра и интегральным расходом воды через пролив.

Согласно наиболее полным экспериментальным исследованиям Керченского пролива, проведенным в 60 – 80-е гг. прошлого столетия, которые обобщены в известной монографии Э.Альтмана [5], основная роль в формировании поля течений в проливе принадлежит устойчивым меридиональным ветрам. Устойчивые ветры северной четверти вызывают в Керченском проливе продольный наклон уровня в сторону Черного моря. При этом возникает азовский тип циркуляции, повторяемость которого в течение года 47 %. Устойчивые ветры южной четверти приводят к обратному эффекту, генерируя черноморский тип циркуляции с повторяемостью 38 %. Ситуации, когда над Керченским проливом преобладают зональные, независимо от их силы ветры, неустойчивые меридиональные ветры, маловетрие и штиты, сопровождаются низкой динамической активностью вод.

Отметим, что динамика вод пролива при устойчивом западном ветре ранее более или менее детально никогда не изучалась. Это касается как натурных, так и теоретических исследований.

В подтверждение выводов [5], в рассматриваемой ситуации (при слабом западном ветре) система течений в проливе характеризовалась незначительной интенсивностью и отсутствием явно выраженных струйных потоков.

Течения с максимальной скоростью 20 – 40 см/с наблюдались в верхнем слое вод толщиной около 2 м. Здесь выделялись два вихревых образования: циклонический вихрь в Керченской бухте и антициклональный – в южной части пролива, южнее о.Тузла.



Р и с . 2. Векторы течений в верхнем (пунктирная стрелка), срединном (сплошная стрелка) и придонном (полая стрелка) слоях 1 – 2 августа 2011 г.

24,4 – 25,2 °С при фоновых значениях 26,1 – 28,0 °С.

Анализ поля солёности (рис.4) свидетельствует о том, что в системе апвеллинга, вызванного сгонным ветром, в пролив с придонного слоя черноморского предпроливья поступали высокосолёные воды, где солёность была максимальной и достигала 17,6 – 18,5 епс.

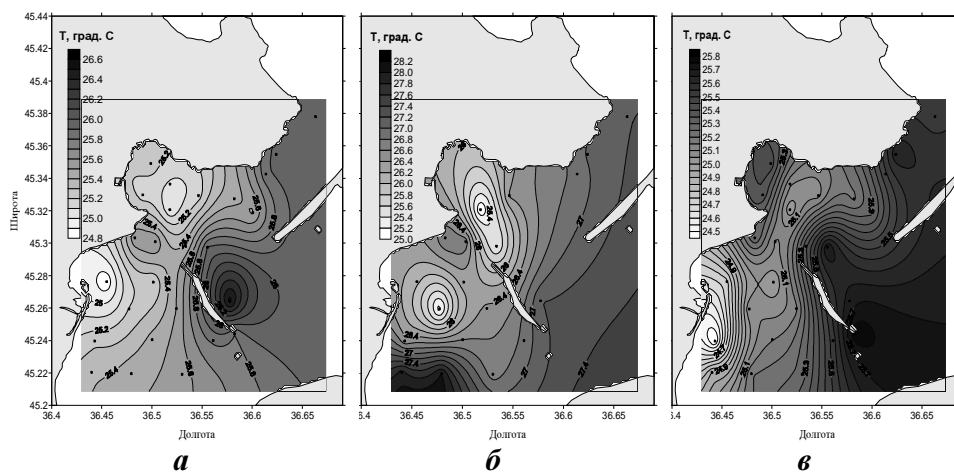
Очаг апвеллинга с мористой стороны был ограничен хорошо выраженным в термохалинном поле фронтальным разделом (рис.3, 4).

На преобладающей части Керченского пролива наблюдались высокосо-

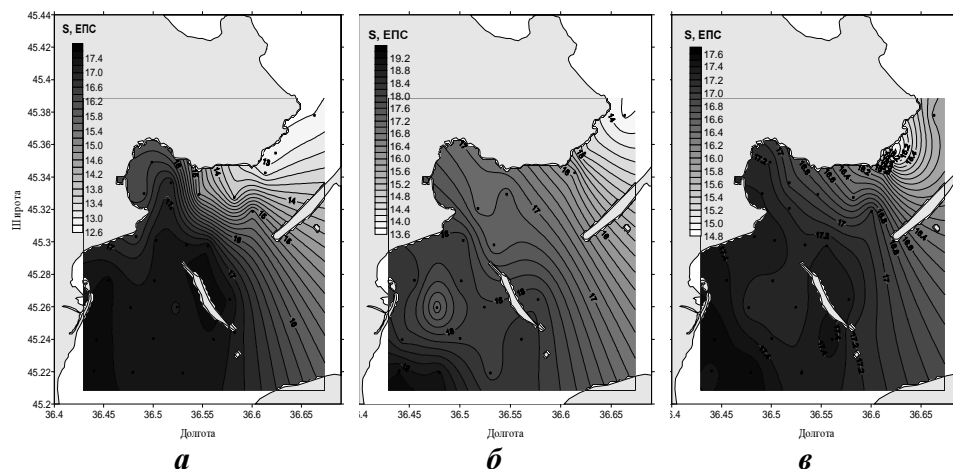
В срединном слое преобладали разнонаправленные течения со скоростью, примерно, как и в верхнем слое вод.

У дна на большинстве станций в южной части пролива векторы течения, со скоростью 5 – 25 см/с, были направлены к керченскому берегу. Это свидетельствует о возможном механизме локального сгона, вызванного западным ветром (рис.2).

*Термохалинное поле.* Очаг сгона у керченского берега пролива отчетливо виден в структуре поля температуры (рис.3). Наиболее ярко это выражено в Керченской и Камыш-Бурунской бухтах, в Павловской узкости и примыкающих мелководных участках. Здесь зафиксирована минимальная температура



Р и с . 3. Распределение температуры (°С) в верхнем (а), срединном (б) и придонном (в) слоях 1 – 2 августа 2011 г.



Р и с . 4 . Распределение солёности (епс) в верхнем (а), срединном (б) и придонном (в) слоях 1 – 2 августа 2011 г.

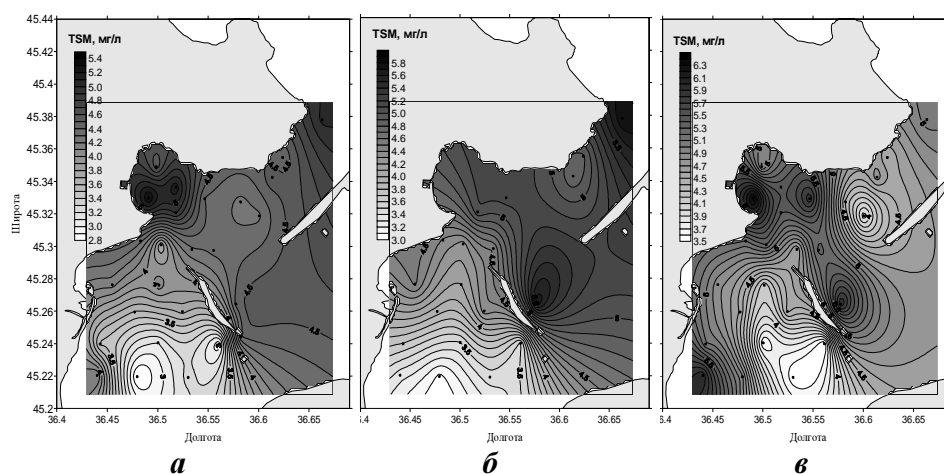
ленные черноморские воды. Лишь в северной его узкости водная толща представляла собой смесь азовоморских и черноморских вод солёностью 13,5 – 15,0 епс (рис.4).

*Суммарное взвешенное в воде вещество.* Поле суммарного взвешенного в водной толще вещества отличалось неоднородностью, его концентрация изменялась в пределах от 2,7 – 3,0 до 5,5 – 6,2 мг/л (рис.5).

К значимым факторам, формирующим поле данной характеристики можно отнести взмучивание водной толщи ветровым волнением при различных видах грунта и его физических свойствах.

Наименьшее содержание суммарной взвеси наблюдалось в южной части пролива на участках с максимальной глубиной, где влияние ветрового волнения незначительно.

Максимальная концентрация суммарного взвешенного вещества 6,2 мг/л (рис.5, б) зафиксирована над отмелью, расположенной в проходе между юж-



Р и с . 5 . Распределение суммарного взвешенного вещества (мг/л) в верхнем (а), срединном (б) и придонном (в) слоях 1 – 2 августа 2011 г.

ной оконечностью косы Чушка и о. Тузла, где процесс взмучивания за счет максимального ветрового разгона должен быть наиболее интенсивным.

Отметим, что согласно [3], в области этой отмели штормовой северо-западный ветер способствует формированию наибольшего для пролива содержания суммарного взвешенного вещества. Так, после штормов, вызванных северо-западным ветром, концентрация суммарной взвеси здесь достигает 80 мг/л.

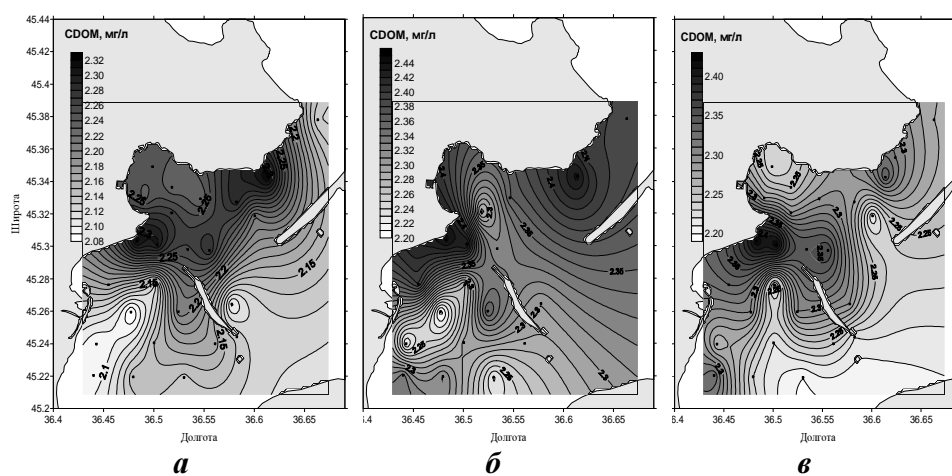
Высокая концентрация рассматриваемого параметра среды в придонном слое также обнаружена в юго-западной части полигона, в районе пункта рейдовой перегрузки (рис.5, в). В [6] показано, что сконцентрированные здесь суда, осуществляющие перевалку всевозможных грузов – мощный антропогенный источник взвеси, влияние которого распространено на смежные акватории.

Локальные максимумы суммарного взвешенного вещества отмечены также на мелководных участках Керченской бухты, где, согласно [3], преобладают илистые донные отложения, характеризующиеся максимальным разуплотнением (рис.5, б).

*Растворенное органическое вещество.* Концентрация данного параметра среды изменялась в пределах 2,08 – 2,45 мг/л и повсеместно незначительно превышала природную норму, которая, по данным [7], для незагрязненных поверхностных вод открытой части Черного моря равна 2 мг/л.

Минимум содержания растворенной органики типичен для южной части пролива, где присутствовали черноморские воды, явно не подверженные антропогенной нагрузке.

Максимум наблюдался в Керченской и Камыш-Бурунской бухтах, а также вдоль берега между ними (рис.6). На этом участке пролива сосредоточены основные порты региона: Керченский морской торговый порт, Морской рыбный порт, порты Железорудного комбината и завода «Залив». Возможно, промышленные стоки этих предприятий стали причиной повышенного содержания растворенного органического вещества (показателя органического загрязнения) на отмеченном участке.



Р и с . 6 . Распределение растворенного органического вещества (мг/л) в верхнем (а), срединном (б) и придонном (в) слоях 1 – 2 августа 2011 г.

Локальный максимум содержания этой характеристики отмечен южнее о. Тузла, в области недействующей ныне грунтовой свалки (рис.6), что подтверждает вывод [3, 8], согласно которому, находящиеся в Керченском проливе как действующие, так и закрытые свалки грунта представляют собой источники токсичной взвеси.

**Заключение.** На основе анализа данных инструментальных наблюдений, выполненных в августе 2011 г., выявлены закономерности динамики вод и структуры полей температуры, солености, концентрации суммарного взвешенного и растворенного в воде органического вещества в Керченском проливе в условиях устойчивого слабого западного ветра.

Выявлено, что устойчивый западный ветер стал причиной сгонных явлений у керченского берега пролива с очагами в Керченской и Камыш-Бурунской бухтах и примыкающих мелководных участках. Здесь зафиксирована минимальная температура воды, на 2 – 3 °С ниже окружающего фона. Показано, что к керченскому берегу в системе компенсационных течений поступили придонные воды их черноморского предпроливья.

На преобладающей части пролива, кроме небольшого участка его азовской узкости, присутствовали черноморские воды.

Максимальная концентрация суммарного взвешенного вещества зафиксирована над отмелью, расположенной в проходе между южной оконечностью косы Чушка и о. Тузла, и в области пункта рейдовой перевалки грузов.

На участке керченского берега пролива, где сосредоточены основные порты, обнаружено максимальное содержания растворенного органического вещества искусственной природы. Промышленные стоки этих предприятий – вероятная причина органического загрязнения вод на отмеченной акватории.

Подтверждено мнение о том, что зональные ветры над проливом сопровождаются низкой динамической активностью вод и что находящиеся в Керченском проливе как действующие, так и закрытые свалки изъятых при дноуглублении грунта представляют собой источники токсичной взвеси.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.ecodevice.narod.ru/turbidimeter/turbidimeter.htm>
2. *Проведение научно-исследовательских работ и осуществление математического моделирования и прогнозирования основных гидрометеорологических процессов в районе Керченского пролива. Отчет.*– Севастополь, МГИ НАН Украины, 2010.– 225 с.
3. *Ломакин П.Д., Стиридонова Е.О.* Природные и антропогенные изменения в полях важнейших абиотических элементов экологического комплекса Керченского пролива в течение двух последних десятилетий.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– 118 с.
4. *Моделирование динамики вод в Керченском проливе и предпроливных зонах /* Под ред. Иванова В.А.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– 205 с.
5. *Альтман Э.Н.* Динамика вод Керченского пролива / *Гидрометеорология и гидрология морей СССР. Проект “Моря СССР”. Т.4. Черное море.*– Л.: Гидрометеоиздат, 1991.– С.291-328.
6. *Ломакин П.Д., Стиридонова Е.О., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А.* Антропогенные и природные источники взвешенного вещества в водах Керченского пролива // *Морской экологический журнал.*– 2008.– т.7, № 4.– С.51-59.

7. *Хайлов К.М.* Экологический метаболизм в море.– Киев: Наукова думка, 1971.– 250 с.
8. *Петренко О.А., Себах Л.К., Фацук Д.Я.* Некоторые экологические последствия дампинга в Черном море грунтов, извлекаемых при дноуглублении в Керченском проливе // Водные ресурсы.– 2002.– № 5.– С.622-635.

Материал поступил в редакцию 18.06.2011 г.

*АНОТАЦІЯ.* На базі даних спільної комплексної експедиції, яка була реалізована співробітниками ПівденНІРО (м.Керч), ВНІРО (м.Москва) та МГІ НАН України (м.Севастополь) у серпні 2011 р., проаналізовано тривимірне поле векторів течії та структура полів основних гідрофізичних елементів у Керченській протоці. Біля Керченського берега протоки виявлений ефект вітрового згону. Виконана оцінка забруднення досліджувальної акваторії розчиненою органічною речовиною штучного походження.

*ABSTRACT.* On the database received during the joint expedition, executed by the Southern Research Institute of Marine Fishery and Oceanography (Kerch), Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (Moscow) and MHI NAS of Ukraine (Sevastopol) in August 2011, the three-dimensional field of the currents vectors and structure of the main hydrophysical elements fields in Kerch strait were analyzed. An effect of wind sleeve was discovered besides the Kerch coast of the strait. An estimation of the water pollution by dissolved organic matter of artificial origin was made.