

## Поле концентрации общего взвешенного вещества в Керченском проливе на базе оптических наблюдений

© 2017 П. Д. Ломакин, А. И. Чепыженко, А. А. Чепыженко\*

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия*

*\*E-mail: annachep87@yandex.ru*

Поступила в редакцию 01.03.2017 г. После доработки 11.05.2017 г.

По результатам серии экспедиций, проведенных в 2001 – 2014 гг., получены представления об источниках и структуре поля концентрации общего взвешенного вещества в водах Керченского пролива. Показано, что природное поле взвешенного вещества в существенной мере искажено антропогенным воздействием. Выявлены антропогенные и природные источники взвеси, оценен пространственный масштаб их влияния. Обнаружено, что воды с избыточной взвесью также насыщены растворенным органическим веществом антропогенного происхождения. В поле общего взвешенного вещества выявлен фронтальный раздел, который совпадает с основным термохалинным фронтом.

**Ключевые слова:** общее взвешенное вещество, Керченский пролив.

**DOI:** 10.22449/0233-7584-2017-6-65-77

**Введение.** Общее взвешенное вещество (ОВВ) – важный параметр водной среды, который до настоящего времени практически не изучен с позиции классической океанографии. Причиной является отсутствие надежных измерительных средств, позволяющих оперативно извлекать массовую информацию о концентрации ОВВ на интересующих акваториях. Этим объясняется незначительный объем соответствующих сведений в современных базах океанографических данных и недостаточная изученность полей ОВВ в океанах, морях, их отдельных регионах и других водоемах [1 – 4].

Первые океанографические исследования содержания ОВВ в водах Керченского пролива, касающиеся его источников, описаны в [5], где на качественном уровне кратко изложена структура поля концентрации ОВВ.

В настоящей работе на основе более емкого массива исходных данных с использованием методов классической океанографии дополнены сведения об антропогенных и природных источниках ОВВ в Керченском проливе, оценены акватории их влияния. Определена характерная концентрация исследуемого вещества во взаимодействующих в проливе незагрязненных водах Азовского и Черного морей. Выявлены типовые признаки вертикальной стратификации поля содержания ОВВ. Впервые выделен фронтальный раздел в исследуемом поле, обусловленный взаимодействием азовоморских и черноморских вод.

**Исходные данные и методы исследования.** Массовые сведения о содержании ОВВ в акваториях Азовского и Черного морей появились в результате внедрения в экспедиционную практику оптических методов оперативного определения концентрации этого вещества. В конце прошлого столетия

впервые в отобранных пробах воды в лабораторных условиях подобные измерения стали выполнять в Морском гидрофизическом институте (МГИ).

С 2001 г. аналогичные измерения проводятся непосредственно в море при помощи зонда «КОНДОР» [6]. Кроме канала для фиксации содержания ОВВ зонд оснащен каналами для синхронного определения концентрации растворенного органического вещества (РОВ), температуры и солёности. В его комплект также входит портативный измеритель течений. Этот прибор использовался в серии комплексных экспедиций МГИ в прибрежных и открытых водах Черного и Азовское морей в 2001 – 2015 гг. В результате была сформирована океанологическая база данных, позволившая получить представление о природных и антропогенных источниках и структуре поля содержания ОВВ на интересующих акваториях.

### Сведения об экспедициях в район Керченского пролива

№ п/п	Дата	Организации-участники	Количество станций
1	22.06.2001	МГИ+ ЮгНИРО+ИнБЮМ	17
2	30.10.2001	МГИ+ ЮгНИРО+ИнБЮМ	17
3	20.04.2002	МГИ+ ЮгНИРО+ИнБЮМ	17
4	07.11.2002	МГИ+ ЮгНИРО+ИнБЮМ	17
5	15.04.2003	МГИ+ ЮгНИРО+ИнБЮМ	19
6	02.08.2003	МГИ+ ЮгНИРО+ИнБЮМ	20
7	05.05.2005	МГИ+ЮгНИРО	36
8	29.02.2008	МГИ	49
9	24.03.2008	МГИ	36
10	08-10.04.2008	МГИ	54
11	23-24.07.2008	МГИ	62
12	01-03.09.2008	МГИ	45
13	08.12.2008	МГИ	28
14	14-15.04.2009	МГИ	69
15	25-26.06.2009	МГИ	70
16	12-13.11.2009	МГИ	51
17	04-05.12.2009	МГИ	28
18	14.05.2010	МГИ	52
19	24-25.07.2010	МГИ+ЮгНИРО	22
20	11-12.11.2010	МГИ	48
21	17-18.05.2011	МГИ	53
22	01-02.08.2011	МГИ+ЮгНИРО+ВНИРО	29
23	26-29.09.2011	МГИ+ ЮНЦ	108
24	10.09.2011	МГИ	40
25	15-17.05.2012	МГИ	56
26	25-27.09.2012	МГИ	78
27	08.08.2013	МГИ	45
28	25-27.10.2013	МГИ	88
29	05-06.06.2014	МГИ+ГОИН	63
30	24-25.06.2014	МГИ+ГОИН	63
31	05-07.07.2014	МГИ+ГОИН	63
Всего:			1443

Выборка эмпирических данных, использованная в настоящей работе, включила 1443 станции, которые были реализованы в ходе 31 экспедиции (таблица) в Керченском проливе и предпроливных областях Азовского и Черного морей за время с июня 2001 г. по июль 2014 г. Диапазон исследованных глубин 0,5 – 50 м.

Все зондирования выполнены с шагом по глубине 0,1 м. Интерпретация структуры полей содержания ОВВ проведена с привлечением сведений о концентрации РОВ, динамике и термохалинной структуре вод.

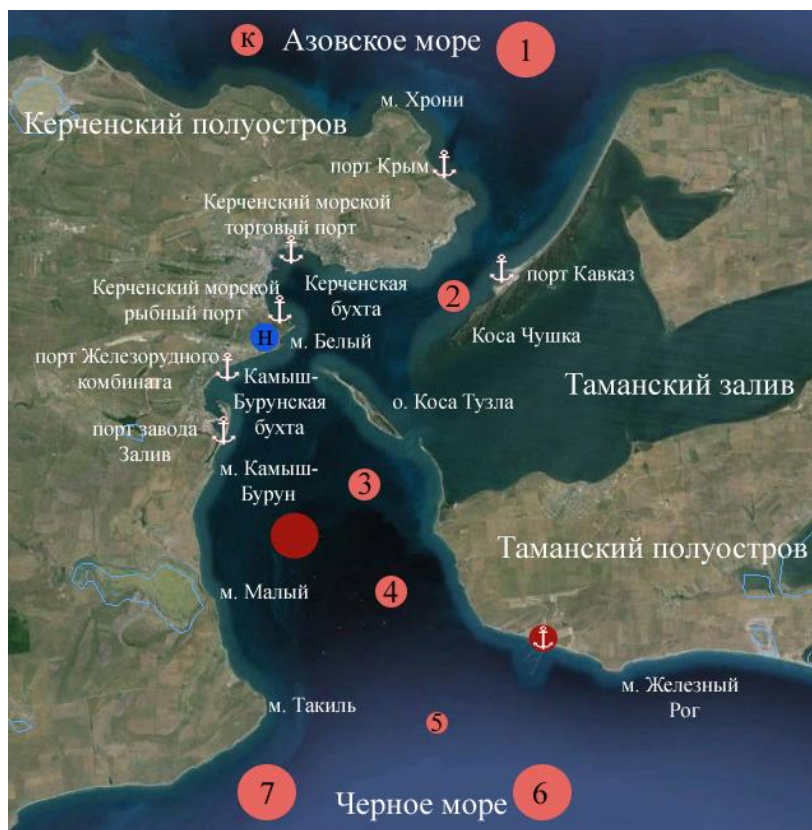
Поле содержания РОВ в акватории Керченского морского порта рассмотрено по данным микросъемки, выполненной ЮгНИРО. Концентрация этого вещества определялась методом фильтрации и последующего взвешивания сухого осадка.

**Обсуждение результатов. Источники ОВВ.** В [5, 7, 8] показано, что основные антропогенные источники ОВВ расположены в акватории Керченского пролива, его предпроливных областях и в Азовском море. В воды пролива ОВВ искусственной природы поступает из различных источников: с промышленными стоками размещенных на его берегах предприятий, терминалов и портов; с канализационным стоком г. Керчь; со стоками впадающих в пролив загрязненных речек (Мелек-Чесме, Булганак, Джарджава); в результате адвекции вод из районов действующих и закрытых свалок изъятых при дноуглублении грунта; с площадок рейдовых перегрузок (рис. 1). Судходство – не изученный, хотя и очевидный источник загрязняющих веществ. Повышенное содержание ОВВ типично для поступающих в пролив вод Азовского моря.

Источники загрязнения определенным образом деформируют структуру природного поля концентрации ОВВ. На участках, подверженных антропогенному воздействию, в поле взвешенного вещества формируются линзы с максимальным содержанием ОВВ (4,5 – 36,4 мг/л, до 260 мг/л при дноуглублении). В штили, при маловетрии и зональном ветре, отличающемся небольшим разгоном, линзы имеют отчетливо выраженные границы. Их характерные горизонтальный и вертикальный масштабы составляют от сотен метров до нескольких километров и ~1 – 3 м соответственно.

С такими же закономерными признаками источники загрязнения деформируют пространственную структуру природного поля содержания РОВ. В преобладающем большинстве случаев на участках загрязнения ОВВ наблюдалось максимальное (антропогенного происхождения) содержание РОВ 4,5 – 18,1 мг/л. То есть обнаруженные источники способствуют загрязнению исследуемой акватории как токсичной взвесью, так и растворенной органикой искусственной природы.

Особая практическая значимость знания об источниках и полях содержания ОВВ и РОВ заключается в том, что загрязненные ими воды не проявляются в термохалинной структуре, а также в полях традиционного комплекса обычно наблюдаемых гидрохимических элементов, а могут быть обнаружены только при наличии информации о полях взвеси и растворенной органики.

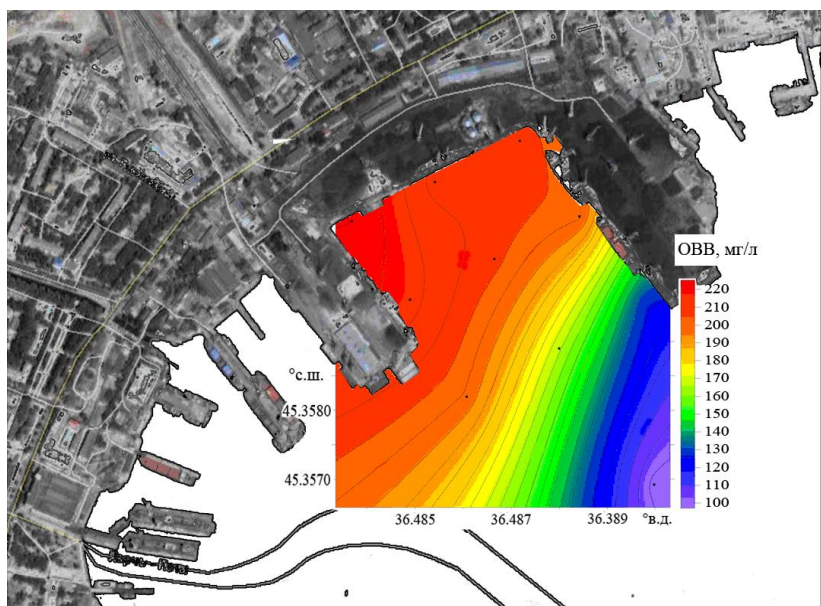


**Рис. 1.** Основные физико-географические ориентиры и расположение источников загрязнения на спутниковом снимке Керченского пролива. Условные обозначения: ⚓ – порты; ● – площадка рейдовой перевалки грузов; ● – зоны дампинга; 1 – 6 – закрытые грунтовые свалки, 7 – действующая свалка; Ⓚ – коллектор хозяйственно-бытовых сточных вод г. Керчь; Ⓝ – нефтяной терминал

На основе качественного анализа полей содержания ОВВ его источники антропогенного происхождения по степени их значимости (продуктивности) можно представить в следующей последовательности: дночерпательные работы; грунтовые свалки; судоходство; порты, площадки рейдовой перегрузки, терминалы, канализационный сток г. Керчь; воды Азовского моря; выпадающие в пролив и текущие по загрязненной промышленными отходами территории г. Керчь реки. Ниже приведено краткое описание каждого источника.

Согласно [9 – 11], наиболее значимый источник ОВВ антропогенного происхождения в водах Керченского пролива связан с дноуглубительными работами и последующей свалкой (дампингом) изъятых грунтов.

Высокая степень продуктивности указанных источников ОВВ, связанных с дноуглубительными работами, проиллюстрирована на рис. 2, где показан результат одной из экологических микросъемок в Керченском морском торговом порту, которая была направлена на исследование влияния работы многочерпакового земснаряда на поля важнейших элементов экологического комплекса водной среды.



**Рис. 2.** Распределение концентрации ОВВ в придонном слое акватории Керченского морского торгового порта во время проведения дночерпательных работ 13 июня 2000 г.

В частности, в результате анализа поля концентрации ОВВ обнаружено, что работа дночерпателя сопровождалась повышением (в сотни раз выше окружающего фона) содержания этого вещества во всей толще вод (глубина в порту  $\sim 7$  м). У дна в портовой акватории содержание ОВВ достигало 260 мг/л. Вертикальная стратификация взвеси здесь практически отсутствовала, ею была насыщена вся толща вод. На примыкающей к порту акватории Керченской бухты образовалось яркое коричневое пятно взмученных вод, которое на поверхности различалось визуально и имело отчетливо выраженную внешнюю границу. Концентрация взвеси на внешнем крае этой линзы мутных вод скачкообразно уменьшалась до нескольких единиц (рис. 2).

К основным объектам дноуглубления в Керченском проливе в настоящее время относятся акватория Керченского морского торгового порта и подходной к нему судоходный канал, а также Павловское и Чушкинское колена основного судоходного Керчь-Еникальского канала. В отдельные годы дноуглубительные работы проводились в подходном канале к Керченскому морскому рыбному порту и на акватории порта Керченского железорудного комбината [5, 7 – 11].

Согласно имеющимся в нашем распоряжении данным, в Керченском проливе и в предпроливных акваториях обоих морей находятся 7 зон дампинга (рис. 1): действующая свалка, расположенная в черноморском предпроливье, в районе м. Такиль (свалка 7); четыре закрытые свалки в южной части пролива (свалки 3 – 6); закрытая зона дампинга в азовском предпроливье, в миле к северо-востоку от м. Хрони (свалка 1). Не известно, эксплуатируется ли зона дампинга, расположенная в прибрежной зоне косы Чушка, к югу от порта Кавказ (свалка 2).

В ходе анализируемых комплексных экспериментальных исследований Керченского пролива в районе каждой без исключения зон дампинга нами обнаруживались локальные максимумы содержания ОВВ (которые в разы и десятки раз превышали окружающий фон), а также другие загрязнители. В частности, показано [5, 7 – 11], что в водах, локализованных над свалками, содержатся органические загрязнители (избыточное содержание РОВ). Эта особенность позволяет утверждать, что каждая из находящихся в проливе зон дампинга (как закрытые, так и действующие грунтовые свалки) представляет собой источник взвеси и растворенной органики антропогенного происхождения.

Постоянное присутствие избыточной взвеси в зонах дампинга, а также в руслах судоходных каналов можно объяснить низкой плотностью верхнего слоя грунта на этих участках [7, 12]. Процесс взмучивания придонного слоя течением и волнением здесь более интенсивен. Поступающая в районы свалок избыточная органика сорбируется взвесью и оседает на дно, формируя иловые воды. Поэтому грунтовые свалки представляют собой очаги экологической опасности, где с высокой степенью вероятно развитие заморных явлений.

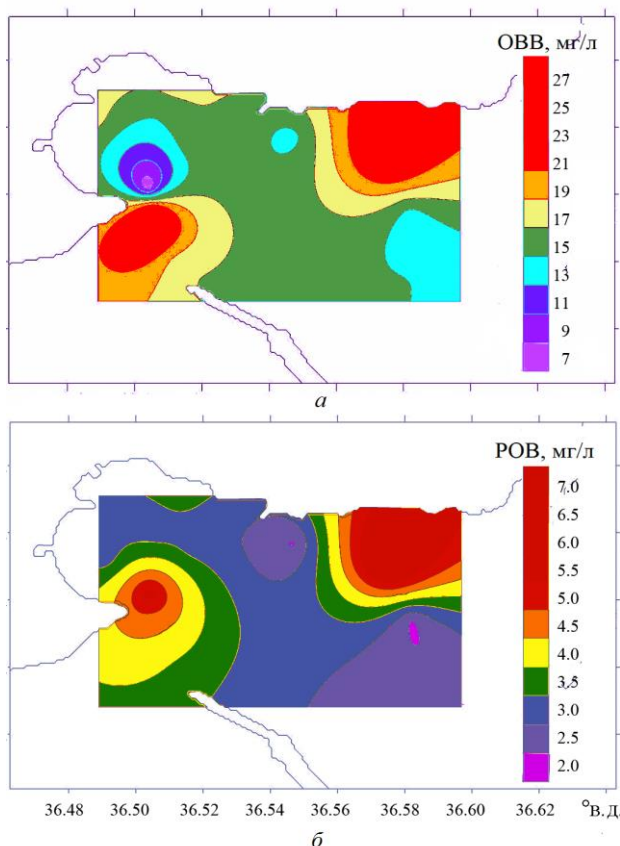
Один из неизученных мощных антропогенных источников ОВВ в водах Керченского пролива обусловлен судоходством. Керчь-Еникальский судоходный канал проектировался из расчета, что он будет эксплуатироваться судами типа «река – море», водоизмещение которых не превышает 5 тыс. т. В настоящее время интенсивность судоходства в проливе возросла в десятки раз. По основному и подходным каналам проходят крупнотоннажные океанские суда водоизмещением до 50 – 80 тыс. т, взмучивая винтами их придонный слой и кромки. Согласно визуальным оценкам, кильватерный след таких судов отличается высокой на окружающем фоне мутностью, в нем содержатся водоросли, вырванная с корнями трава, куски грунта и полиэтилена. У дна каналов постоянно наблюдается высокое содержание ОВВ и РОВ.

Антропогенные источники, связанные с портами, площадками рейдовой перегрузки, терминалами, канализационным стоком г. Керчь, водами Азовского моря и впадающими в пролив речками (рис. 1), и их проявление в поле ОВВ детально описаны в [5, 7 – 11].

Во всех без исключения съемках на участке Павловской узкости и в южной части Керченской бухты фиксировалась линза с высоким содержанием ОВВ и РОВ. Как оказалось, источник загрязнения этого участка – нефтяной терминал, расположенный на м. Белый (рис. 1, 3).

Другая, более обширная, линза примерно с такой же концентрацией рассматриваемых веществ, обнаруженная нами 5 мая 2005 г. в северо-восточной части Керченской бухты (рис. 3), имела адвективное происхождение. Анализ спутниковой информации [7] показал, что эта линза загрязненных вод пониженной солености с высокой концентрацией ОВВ, РОВ и нефтепродуктов не связана с береговыми источниками, находящимися в Керченском проливе, а была вынесена из Азовского моря. Этот факт свидетельствует о значимой роли Азовского моря как источника, поставляющего в Керченский пролив взвесь антропогенного происхождения и растворенную органику, а также

подтверждает мнение [4, 7] о качестве азовоморских вод, содержащих широкий спектр и высокую концентрацию загрязняющих веществ.

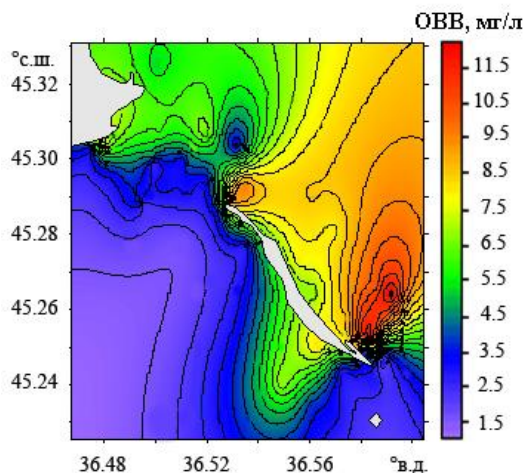


**Рис. 3.** Распределение концентрации ОВВ (а) и РОВ (б) на горизонте 3 м в Керченской бухте 5 мая 2005 г.

При меридиональном ветре, имеющем значительный разгон, взвесь антропогенного происхождения от локальных источников, переносимая ветровыми течениями, распространяется на обширные акватории Керченского пролива (мили и десятки миль) [5]. Попадая в вихри Основного Черноморского течения, она может достигать берегов Феодосии и Анапы [7, 13].

К основным природным источникам РОВ пролива могут быть отнесены его песчаные берега, отмели и косы. Наиболее значимые из них – участки с глубиной менее 2 м на западном побережье косы Чушка, отмель между ее южной оконечностью и о. Коса Тузла, косы западной и восточной оконечностей о. Коса Тузла. По повышенной мутности эти участки хорошо выделяются на спутниковых снимках [7, 14]. На основе контактных оптических измерений выявлено, что содержание ОВВ здесь в разы и на порядок превосходит соответствующие фоновые концентрации в удаленных от берега акваториях (рис. 4). Зафиксированная нами максимальная концентрация ОВВ в области его природных источников достигала 10 – 22 мг/л.





**Рис. 4.** Распределение концентрации ОВВ в придонном слое вод в районе о. Коса Тузла при умеренном южном ветре по результатам съемки 24 июля 2008 г.

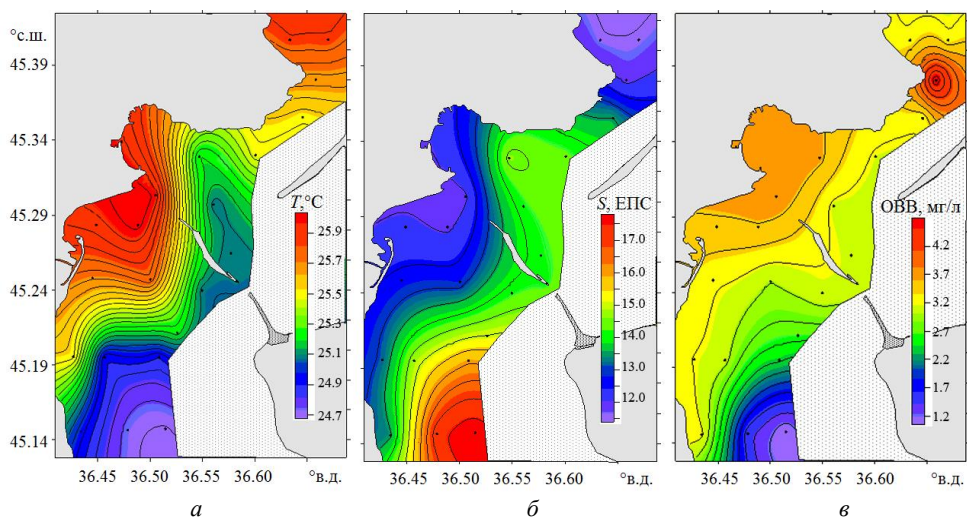
По данным ЮгНИРО [7], в районе отмели, расположенной между южной оконечностью косы Чушка и о. Коса Тузла, 9 декабря 2003 г., через сутки после действия штормового северо-западного ветра, концентрация ОВВ в верхнем слое вод достигала 70 – 80 мг/л.

Важное отличие состояния водной среды в районах с высоким содержанием ОВВ, обусловленным природными источниками, заключается в низкой (природной, 1,0 – 3,5 мг/л) концентрации РОВ. Тогда, как показано выше, в водах, подверженных антропогенному воздействию, содержание РОВ существенно выше природного.

Структура поля концентрации ОВВ. При анализе горизонтальной структуры поля содержания ОВВ в Керченском проливе на базе океанографических съемок нами выявлена следующая характерная особенность. В поле этой величины существует достаточно выраженный фронт, который совпадает с основным термохалинным фронтальным разделом, разграничивающим взаимодействующие в проливе азовоморские и черноморские воды. То есть проникающие в пролив воды Азовского и Черного морей кроме известных термохалинных признаков имеют собственную концентрацию ОВВ. Причем в азовоморских водах она существенно выше, чем в черноморских.

В качестве примера на рис. 5 приведено распределение температуры, солёности и содержания ОВВ на поверхности вод Керченского пролива по данным экспедиции МГИ, проведенной 10 июля 2010 г. Видно, что в полях указанных параметров среды (по критерию максимального горизонтального градиента [15]) отчетливо выражен ориентированный преимущественно с юго-запада на северо-восток фронтальный раздел, основная часть которого расположена в южной части пролива. Фронт разделял прогретые (25,7 – 26,1°C) менее солёные (11,5 – 13,0 ЕПС) и более насыщенные ОВВ (3,2 – 4,7 мг/л) азовоморские воды от относительно прохладных (24,7 – 25,0°C) более солёных (16,0 – 18,0 ЕПС) и менее насыщенных ОВВ (1,0 – 2,2 мг/л) черноморских вод.





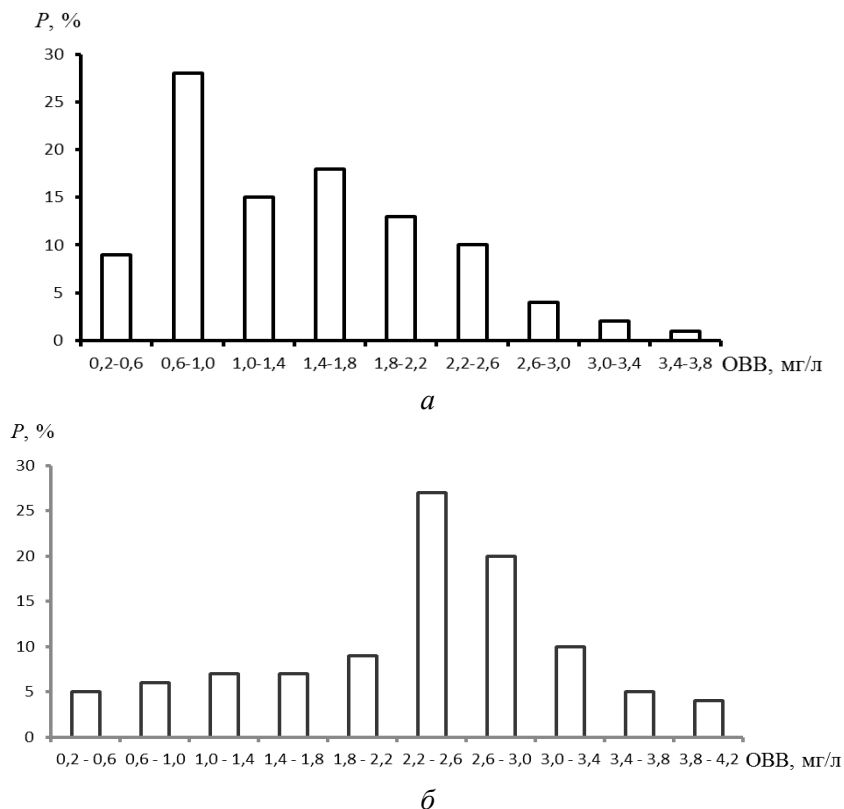
**Рис. 5.** Распределение температуры (а), солёности (б), содержания ОВВ (в) на поверхности вод Керченского пролива 10 июля 2010 г.

Представленные на рис. 6 элементарные статистические оценки показывают, что рассмотренная выше ситуация неслучайна и что в незагрязненных водах Керченского пролива фронтальный раздел в поле ОВВ – типичный крупномасштабный (в рамках исследуемого региона) элемент структуры вод. Для доказательства этого свойства необходимо было определить характерную концентрацию ОВВ в незагрязненных азовоморских и черноморских водах, расположенных соответственно к северу и югу относительно основного термохалинного фронта.

На основе анализа имеющейся в нашем распоряжении информации выявлено, что в термохалинном поле основной фронтальный раздел Керченского пролива наклонен в сторону Черного моря и имеет ширину около трех миль. Как на поверхности, так и у дна он расположен между изохалинами 12 и 16 ЕПС.

По критериям солёности  $S < 12$  ЕПС (азовоморские воды),  $S > 16$  ЕПС (черноморские воды) были сформированы две выборки зондирования с фиксацией содержания ОВВ на поверхности. Затем из каждой выборки концентрации ОВВ были отфильтрованы высокие значения (более 4,5 мг/л), обусловленные антропогенными и природными источниками этого вещества. По двум остаточным выборкам рассчитаны гистограммы повторяемости концентрации ОВВ в незагрязненных азовоморских и черноморских водах, взаимодействующих в Керченском проливе (рис. 6).

В результате оказалось, что на поверхности в чистых черноморских водах содержание ОВВ изменялось в пределах 0,2 – 3,8 мг/л; наиболее часто, с повторяемостью 28%, встречались значения в интервале 0,6 – 1,0 мг/л (рис. 6, а). Поэтому в качестве критерия, по которому в Керченском проливе можно отличать поверхностные воды черноморского происхождения, не содержащие антропогенную добавку ОВВ, может быть принята концентрация этого вещества ~0,8 мг/л.

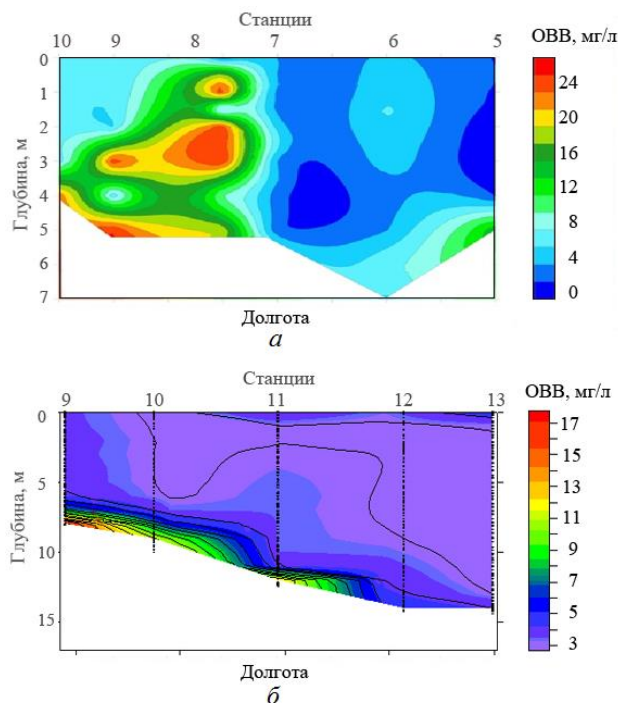


**Рис. 6.** Гистограммы повторяемости концентрации ОВВ для незагрязненных черноморских (а) и азовоморских (б) вод

В чистых азовоморских водах содержание ОВВ изменялось в пределах 0,1 – 4,3 мг/л; наиболее часто, с повторяемостью 27%, здесь наблюдались значения в интервале 2,2 – 2,6 мг/л (рис. 6, б). Поэтому в качестве показателя природной нормы содержания ОВВ в поступающих в пролив водах Азовского моря может быть принята его концентрация на поверхности ~2,4 мг/л.

Отметим, что источники взвеси антропогенного происхождения заметно деформируют структуру природного поля концентрации ОВВ в Керченском проливе и соответственно – его фронтальный раздел. В зависимости от степени загрязнения вод пролива, которое практически не сказывается в термохалинном поле, фронтальный раздел в поле концентрации ОВВ не всегда достаточно выражен. Он изменяет форму, сдвигается относительно термохалинного фронта, иногда меняет знак горизонтального градиента.

Вертикальная структура поля содержания ОВВ азовоморских и черноморских вод, взаимодействующих в Керченском проливе, имеет качественно различные признаки. Воды Азовского моря, не подверженные антропогенному воздействию, отличаются немонотонным распределением концентрации ОВВ(z). Поток взвешенного вещества, переносимый из Азовского моря, отличается неоднородностью. В нем содержатся отдельные, насыщенные взвесью, линзы, которые чередуются с линзами вод с крайне низким содержанием ОВВ (рис. 7, а).



**Рис. 7.** Характерное распределение концентрации ОВВ на зональных разрезах в предприливных зонах Азовского (а) и Черного (б) морей

Незагрязненные воды Черного моря однородны по вертикали. Концентрация ОВВ( $z$ ) здесь – незначительно возрастающая функция глубины, которая скачкообразно увеличивается в тонком придонном слое (рис. 7, б). Независимо от происхождения вод, находящихся в проливе, как правило, абсолютный максимум концентрации ОВВ наблюдается у дна. Особенно ярко этот эффект выражен в судоходных каналах.

Выявленные закономерности структуры и численные показатели поля концентрации ОВВ в Керченском проливе хорошо согласуются с представлениями о прозрачности вод – обратной функции содержания взвешенного вещества. Известно [4, 7], что в Керченском проливе азовоморским водам свойственна небольшая прозрачность, равная нескольким дециметрам, тогда как прозрачность черноморских вод выше примерно на порядок.

**Заключение.** На основе анализа данных серии экспедиций 2001 – 2014 гг. выявлены источники и основные признаки структуры поля содержания ОВВ в водах Керченского пролива.

Показано, что основные антропогенные источники ОВВ связаны с функционированием расположенных на берегу пролива и в Азовском море портов, промышленных предприятий, с коллекторами сточных вод, грузовыми терминалами, площадками рейдовой перевалки грузов, грунтовыми свалками.

Источники загрязнения деформируют структуру природного поля концентрации ОВВ. На участках, подверженных антропогенному воздействию, в поле рассматриваемого параметра среды формируются линзы с максималь-

ным содержанием ОВВ (4,5 – 36,4 мг/л), для которых также свойственна высокая концентрация РОВ. Их характерные горизонтальный и вертикальный масштабы составляют от сотен метров до нескольких километров и ~1 – 3 м соответственно.

В Керченском проливе в поле концентрации ОВВ обнаружен фронтальный раздел, который совпадает с основным термохалинным фронтом, разграничивающим взаимодействующие в проливе азовоморские и черноморские воды. В зависимости от степени загрязнения вод пролива, которое практически не сказывается в термохалинном поле, фронтальный раздел в поле содержания ОВВ не всегда достаточно выражен. Он изменяет форму, сдвигается относительно термохалинного фронта, иногда меняет знак горизонтального градиента.

Проникающие в пролив воды Азовского и Черного морей кроме известных термохалинных признаков имеют собственную концентрацию ОВВ. В незагрязненных азовоморских водах наиболее часто встречаемая концентрация этого вещества составляет 2,4 мг/л, в незагрязненных черноморских – 0,8 мг/л.

Выявлено, что взаимодействующие в проливе воды имеют качественно различные признаки вертикальной стратификации поля концентрации ОВВ. Воды Азовского моря, не подверженные антропогенному воздействию, отличаются немонотонным распределением концентрации ОВВ(*z*). Потоки взвешенного вещества из Азовского моря содержат насыщенные взвесью линзы, которые чередуются с линзами вод с низким содержанием ОВВ. Незагрязненные воды Черного моря однородны по вертикали. Концентрация ОВВ(*z*) здесь – незначительно возрастающая функция глубины, которая скачкообразно увеличивается в тонком придонном слое.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем Черного и Азовского морей, на основе современных методов контроля состояния морской среды и грид-технологий» (шифр «Фундаментальная океанология»).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбулатов Н.А., Новикова З.Т. Количественное распределение взвеси в шельфовых водах Черного моря // *Океанология*. – 1984. – XXIY, вып. 6. – С. 960 – 968.
2. Айбулатов Н.А. Динамика твердого вещества в шельфовой зоне. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 270 с.
3. Тримонис Э.С., Шимкус К.М. Количественное распределение взвеси в Черном море // *Океанология*. – 1976. – XVI, вып. 4. – С. 648 – 654.
4. *Лавинная седиментация в океане*. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1982. – С. 95 – 118.
5. Ломакин П.Д., Спиридонова Е.О., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Антропогенные и природные источники взвешенного вещества в водах Керченского пролива // *Морской экологический журнал*. – 2008. – 7, № 4. – С. 51 – 59. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23695883> (дата обращения: 03.05.2017).

6. *Комплекс гидробиофизический мультипараметрический погружной автономный «КОНДОР».* – URL: <http://ecodevice.com.ua/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor> (дата обращения: 04.05.2017).
7. *Ломакин П.Д., Спиридонова 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.
8. *Sapozhnikov V.V., Kumantsov M.I., Agatova A.I. et al.* Complex investigations of the Kerch Strait // *Oceanology.* – 2011. – 51, No. 5. – P. 896 – 898. – doi:10.1134/S0001437011050146
9. *Воловик С.П., Рогов С.Ф., Шишкин В.В.* Миграции хамсы и других рыб через Керченский пролив и требования рыбного хозяйства к конструкции и режиму эксплуатации регулирующего гидроузла. – Ростов-на-Дону, 1973. – 34 с.
10. *Брянцев В.А.* Разработка научных основ для оценки влияния дампинга грунтов на экосистему Керченского предпроливья и прилегающей зоны. – Керчь, 1989. – 89 с.
11. *Петренко О.А., Себах Л.К., Панкратова Т.М.* Антропогенные изменения морской среды под воздействием дампинга грунтов дноуглубления в Керченской предпроливной зоне Черного моря // *Тр. ЮгНИРО.* – 1998. – 44. – С. 83 – 88. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25900826> (дата обращения: 04.05.2017).
12. *Khrustalev Yu.P., Denisov V.I.* Features of Distribution of Suspended Matter and Intensity of Its Sedimentation in the Kerch Strait Region of the Black Sea // *Oceanology.* – 2001. – 41, No. 6. – P. 907 – 916.
13. *Petrenko O.A., Sebakh L.K., Fashchuk D.Ya.* Some Environmental Consequences of Soil Dumping in the Black Sea as a Result of Dredging Operations in Kerch Strait // *Water Resour.* – 2002. – 29, Iss. 5. – P. 573 – 586. – doi:10.1023/A:1020338201171
14. *Shuisky Yury D.* Regularities of the abrasive coast development of the Ukrainian Black Sea // *Coastlines of the Black Sea / Eds. R.D. Kos'yan, O.T. Magoon.* – New York: American Soc. Civil Eng. Publ., 1993. – P. 406 – 421.
15. *Федоров К.Н.* Физическая природа и структура океанических фронтов. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 296 с.

## **Field of the total suspended matter concentration in the Kerch Strait based on optical observations**

**P. D. Lomakin, A. I. Chepyzhenko, A. A. Chepyzhenko\***

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia  
\*e-mail: [annachep87@yandex.ru](mailto:annachep87@yandex.ru)*

Based on the result of a series of expeditions carried out in 2001 – 2014, obtained are the notions on the sources and structure of the total suspended matter concentration field in the Kerch Strait waters. It is shown that the suspended matter natural field is substantially distorted by the anthropogenic forcing. The anthropogenic and natural sources of total suspended matter are revealed; the spatial scale of their impact is assessed. It is found that the waters containing excessive suspension are also saturated with the dissolved organic matter of anthropogenic origin. The frontal section coinciding with the main thermohaline front is detected in the total suspended matter field.

**Keywords:** total suspended matter, Kerch Strait.