

Влияние дноуглубительных работ и грунтовых свалок на экологическую ситуацию в Керченском проливе

П. Д. Ломакин

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
E-mail: p_lomakin@mail.ru*

Поступила в редакцию 19.11.2018 г., после доработки – 30.12.2018 г.

Введение. На основе океанологических данных серии экспедиций, проведенных Морским гидрофизическим институтом и Южным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии, выявлены закономерности структуры полей концентрации общего взвешенного вещества (ОВВ), растворенного органического вещества (РОВ) и растворенных нефтепродуктов (НП) в местах ведения дноуглубительных работ и свалок изъятых при дноуглублении грунта, которые расположены в Керченском проливе и в предпроливных зонах. *Материалы и методы.* Для анализа использованы материалы 9 комплексных экспедиций, проведенных в Керченском проливе в 1999–2013 гг. Концентрация всех исследуемых веществ определена на базе оптических методов. Все съемки выполнены в зондовом режиме при помощи оптического зонда «Кондор».

Анализ результатов. Показано, что дноуглубительные работы в Керченском морском торговом порту сопровождались значительным повышением содержания ОВВ, концентрация которого в десятки раз превосходила окружающий фон. Характерное для порта и смежной с ним акватории высокое содержание взвеси способствует накоплению и осаждению РОВ антропогенного происхождения, концентрация которого существенно выше природной. Выявлено, что грунтовые свалки остаются очагами загрязнения водной среды. Здесь в придонном слое зафиксирован отчетливо выраженный на окружающем фоне локальный максимум концентрации ОВВ, РОВ и растворенных НП, который превышал природную норму по всем рассматриваемым характеристикам среды в 1,5–3 раза.

Обсуждение и заключение. Дноуглубительные работы – наиболее значимый фактор, определяющий высокую концентрацию взвеси антропогенного происхождения в Керченском проливе. Изымаемый при дноуглублении грунт обладает чрезвычайно низкой уплотненностью и аномально высокой текучестью, что способствует интенсивному размыву зон дампинга и заносимости окружающей акватории. Дноуглубление и зоны дампинга представляют собой не только очаги экологической опасности, они также неблагоприятны в навигационном плане.

Ключевые слова: дноуглубление, зоны дампинга, общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество, нефтепродукты, Керченский пролив.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственных заданий по теме № 0827-2014-0011 «Исследования закономерностей изменений состояния морской среды на основе оперативных наблюдений и данных системы диагноза, прогноза и реанализа состояния морских акваторий» и 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».

Для цитирования: Ломакин П. Д. Влияние дноуглубительных работ и грунтовых свалок на экологическую ситуацию в Керченском проливе // Морской гидрофизический журнал. 2019. Т. 35, № 2. С. 160–170. doi:10.22449/0233-7584-2019-2-160-170

Influence of Dredging and Dumping Zones on the Ecological Situation in the Kerch Strait

P. D. Lomakin

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia
e-mail: p_lomakin@mail.ru*

Introduction. Based on the oceanographic data of the expeditions carried out by the Marine Hydrophysical Institute and the Southern Research Institute of Marine Fishery and Oceanography, identified are the structural regularities of the fields of the total suspended matter (TSM) and dissolved organic matter (DOM) contents, and the dissolved oil products (OP) concentration in the dredging and dumping areas in the Kerch Strait and the adjacent regions.

Data and methods. The data of nine complex expeditions carried in the Kerch Strait in 1999–2013 were analyzed. The concentrations of all the substances under study were determined based on the optical methods. All the surveys were done in a probing mode using the optical probe “Kondor”.

Results. It is shown that sea dredging in the commercial port of Kerch was accompanied by significant increase of the total suspended matter content; its concentration was a dozens times higher than that in the adjacent area. High content of the total suspended matter, characteristic of the port and the surrounding waters, contributes to accumulation and deposition of the anthropogenic dissolved organic matter, the concentration of which significantly exceeds the natural one. It is revealed that the dumping zones remain the sources of seawater environment pollution. The pronounced local maximums of the total suspended matter, dissolved organic matter and dissolved oil products concentrations were revealed in the bottom layer just in these zones: here they exceeded the natural standards of the considered characteristics by 1.5–3 times.

Discussion and conclusion. Dredging is the most significant factor conditioning high concentration of anthropogenic total suspended matter in the Kerch Strait. The soil withdrawn in course of dredging is of extremely low density and abnormally high fluidity that promotes intensive erosion of the dumping zones and further spread of suspension in the ambient waters. It is shown that dredging and dumping zones represent not only the sources of environmental hazards, they are also not favorable for navigation.

Keywords: dredging, dumping zones, total suspended matter, dissolved organic matter, oil products, Kerch Strait.

Acknowledgments: The investigation was carried within the framework of the state tasks on theme № 0827-2014-0011 “Investigation of the regularities in changes of the marine environment state based on the operational observations and the data of the system of nowcast, forecast and reanalysis of the marine water areas state” and theme № 0827-2014-0010 “Complex interdisciplinary investigations of the oceanologic processes conditioning functioning and evolution of the Black and Azov seas based on the modern methods of the marine environment control and grid technologies”

For citation: Lomakin, P.D., 2019. Influence of dredging and dumping zones on the ecological situation in the Kerch Strait. *Morskoy Gidrofizicheskiy Zhurnal*, [e-journal] 35(2), pp. 160-170. doi:10.22449/0233-7584-2019-2-160-170 (in Russian).

Введение

60–80-е годы прошлого столетия в Керченском проливе отмечены активизацией судоходства и портовой деятельности. Тогда модернизировались существующие, строились новые порты, верфи, портопункты, грузовые терминалы, прокладывались и углублялись судоходные каналы. Массово выполнялись дноуглубительные работы. Был организован ряд грунтовых свалок – специально отведенных зон, предназначенных для дампинга грунта, изъятых при углублении дна.

Столь мощный антропогенный пресс сопровождался негативным откликом, проявившимся в различных параметрах состояния водной среды, который активно изучался в 70–90-е годы прошлого столетия в рамках многочисленных государственных программ. Результаты этих исследований, принадлежащие в основном таким известным специалистам советского периода, как Е. Н. Невеский, В. А. Брянцев, Л. К. Себах, С. П. Воловик, С. Ф. Рогов, В. В. Шишкин, В. П. Усенко, обобщены в работе [1].

Одно из направлений проводившихся в то время исследований, которое касалось затрагиваемой в настоящей работе тематики, было свернуто примерно к 2000 г. С начала текущего столетия в практику экспедиционных исследований Керченского пролива Морским гидрофизическим институтом были внедрены оперативные зондовые оптические методы наблюдения, которые позволили получить массовые сведения о не измерявшихся ранее элементах и существенно расширить эмпирическую базу данных о состоянии водной среды этого региона.

Цель предлагаемой работы – обобщение и анализ новых сведений, полученных в основном после 2000 г., которые дополняют сложившиеся к тому времени представления и отражают особенности влияния дноуглубительных работ и грунтовых свалок на экологическую ситуацию в Керченском проливе на современном этапе.

Отметим, что вопросы влияния дноуглубительных работ и грунтовых свалок на экологию прибрежной зоны океанов и морей широко освещены в современной литературе [2–5].

Исходные данные и методы исследования

В качестве исходных данных для анализа использованы материалы 9 комплексных экспедиций, проведенных Морским гидрофизическим институтом (МГИ, г. Севастополь) и Южным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО, г. Керчь) в Керченском проливе в 1999–2013 гг. Также проанализированы данные гидрографического промера и новые сведения, связанные с вопросами дноуглубления в Керченском проливе и с сопровождающими эти работы экологическими последствиями.

Рассмотрены поля не традиционных для классической океанографии элементов водной среды: содержание общего взвешенного (ОВВ) и растворенного органического (РОВ) вещества, а также концентрация растворенных в воде нефтепродуктов (НП).

Содержание ОВВ и РОВ определялось на основе оптических методов [6, 7], реализованных в оптическом зондирующем комплексе «Кондор» (URL: <http://ecodevice.com.ua/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor>). При помощи этого прибора были накоплены и проанализированы массивы синхронных измерений *in situ* содержания ОВВ и РОВ в зондирующем режиме с дискретностью по глубине 0,1 м. Отметим, что РОВ, характеризующее антропогенное, в том числе и бактериальное загрязнение, относят к одному из лучших показателей качества вод прибрежных морских и океанских акваторий [8, 9].

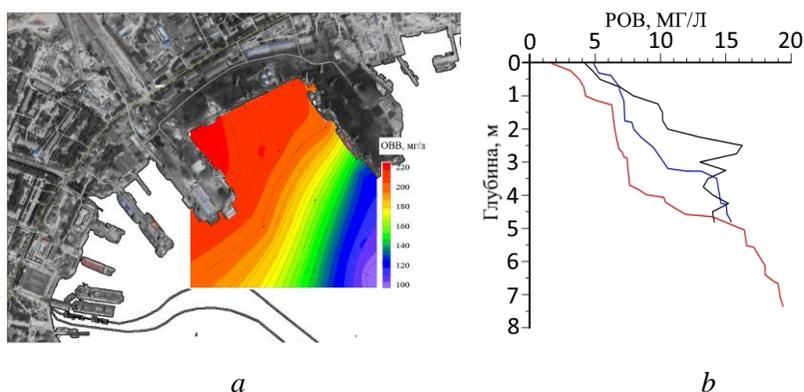
Концентрация растворенных в морской воде нефтепродуктов определялась в отобранных пробах воды в лабораторных условиях традиционным флуоресцентным методом (*UV-fluorescence method*) [10]. Данная величина представлена в относительных единицах (отн. ед.) и показывает, во сколько раз измеренное содержание нефтепродуктов превосходит концентрацию в незагрязненных водах центральной части Черного моря, которая принята за единицу.

Растворенные в воде нефтепродукты – важный показатель загрязнения водной среды, который ранее не измерялся в водах пролива. Растворенная фракция НП адсорбируется на взвеси, она отличается стойкостью и острой токсичностью для морских организмов. В частности, к наиболее токсичным компонентам растворенных НП, которые обладают канцерогенными свойствами и оказывают серьезное негативное воздействие на окружающую среду, относят ароматические и полициклические ароматические углеводороды. Эти вещества накапливаются в тканях рыб и представляют собой реальную угрозу для здоровья человека [11].

Обсуждение результатов

Наиболее мощные источники ОБВ антропогенного происхождения в водах Керченского пролива связывают с дноуглубительными работами и последующей свалкой изъятых грунтов в специально отведенные зоны дампинга [1, 12, 13].

В ходе дноуглубительных работ, которые проводились в Керченском морском торговом порту в июне 2000 г., специалистами ЮгНИРО была зафиксирована максимальная за всю историю наблюдений концентрация ОБВ в Керченском проливе: на поверхности она достигала 210–220 мг/л, у дна – 240–260 мг/л, что в десятки раз превышало окружающий фон (рис. 1, *a*).



Р и с. 1. Концентрация ОБВ на поверхности в акватории Керченского морского торгового порта во время ведения дночерпательных работ в июне 2000 г. (*a*) и профили РОВ (*z*) на подходе к порту (*b*)

F i g. 1. Total suspended matter concentration on the surface within the water area of the Kerch commercial port during dredging in June, 2000 (*a*) and suspended organic matter profiles (*z*) nearby the port (*b*)

Для сравнения приведем статистические показатели, свойственные природному полю содержания ОВВ в Керченском проливе. Наиболее часто повторяемые значения концентрации взвеси во взаимодействующих в проливе азовоморской и черноморской водах равны 2,8 и 0,8 мг/л соответственно. Максимальное (зафиксированное инструментально) содержание ОВВ на рассматриваемой акватории (70–80 мг/л), которое обусловлено природными факторами, наблюдалось после штормов. В условиях развитого течения в узкостях пролива максимальное содержание ОВВ не превышает 15–20 мг/л.

Кроме Керченского морского торгового порта емкие дноуглубительные работы на исследуемой акватории велись в порту Железородного комбината и Рыбном порту, а также в основном Керчь-Еникальском и в подходных к портам судоходных каналах. В результате в водную толщу пролива поступали значительные объемы взвеси, на которой сорбировались всевозможные растворенные вещества антропогенного происхождения. Часть их оседала на дно в районах дноуглубления, другая часть разносилась адвективными токами. Столь же мощное насыщение взвешенным веществом вод, по-видимому, сопровождается сбросом изъятых в результате дноуглубительных работ грунта в зоны дампинга.

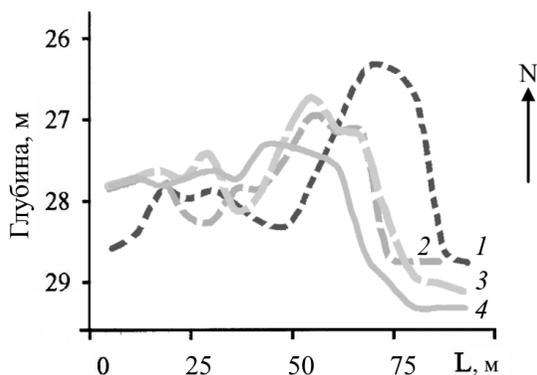
На рис. 1, *b* показаны профили, отражающие вертикальную структуру поля концентрации РОВ на подходе к Керченскому морскому торговому порту. Видно, что на этих участках содержание данного вещества достигало 18 мг/л. Природная норма концентрации РОВ в водах Черного моря – 2 мг/л [14], а в примыкающих к проливу водах Азовского моря, по данным МГИ, – 1–3 мг/л. Наиболее загрязненным этим веществом оказался придонный слой вод подходного к порту судоходного канала (профиль красного цвета). Растворенное органическое вещество антропогенной природы поступает в район порта с загрязненными водами рек Мелек-Чесме и Булганак.

Для припортовой акватории также свойствен повышенный фон содержания растворенных НП (1,2–1,5 отн. ед.). Их источники связаны с нефтяным терминалом (который расположен на м. Белый), адвекцией загрязненных вод из Азовского моря, эксплуатацией флота.

Летом 2013 г. дноуглубительные работы велись в подходном судоходном канале Рыбного порта. Эхолотный промер, который был выполнен в течение 1,5 мес после завершения углубительных работ, не выявил реального результата. Канал заполнился разжиженным грунтом до прежних отметок.

Современные донные осадки в Керченском проливе, согласно геологическому исследованию их физических свойств [1], обладают собственными признаками. Им характерна чрезвычайно низкая уплотненность и аномально высокая текучесть. Это качество подтверждает следующий эмпирический факт. В 1999 г. в ходе промерных гидрографических работ на участке шельфа у юго-западного берега Керченского пролива, в трех милях к северо-востоку от м. Такиль, на глубине 29–30 м было обнаружено локальное поднятие дна. На фоне окружающего рельефа оно выделялось отчетливо выраженной вершиной с относительным превышением 1,4–1,6 м. Горизонтальный масштаб этого морфометрического образования – около 70 м. Детали структуры анализируемого поднятия на зональном галсе гидрографического промера, кото-

рый проходил примерно через его срединную часть и был выполнен в апреле 1999 г., показаны на рис. 2 линией 1.



Р и с. 2. Динамика рельефа в районе локального поднятия дна вдоль зонального промерного галса в апреле – 1, июне – 2, сентябре – 3, ноябре – 4 1999 г.

Fig. 2. Relief dynamics in the region of the local bottom elevation along the zonal sounding track in 1999: 1 – April, 2 – June, 3 – September, 4 – November

По результатам этого промера, а также анализа более ранних сведений о рельефе дна окружающей акватории моря было высказано предположение, что обнаруженное поднятие дна – незаконная свалка грунта, которая могла появиться в 1998–1999 гг.

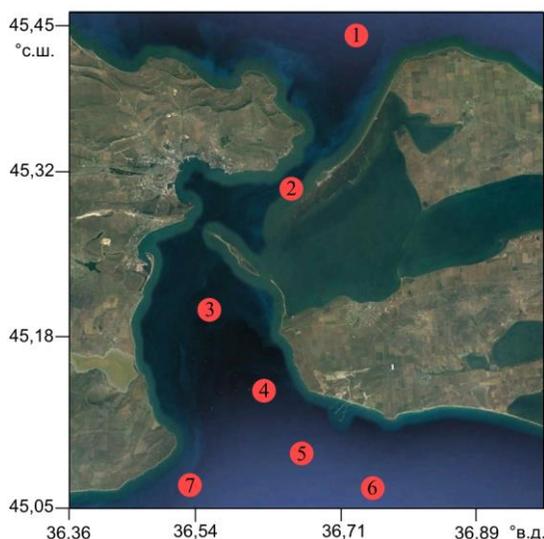
В течение 1999 г. зональный промерный галс через середину рассматриваемого морфометрического образования был выполнен еще трижды: в июне, сентябре, ноябре (рис. 2).

Анализ полученных данных показал, что обнаруженное поднятие дна быстро трансформировалось. Его вершина размывалась, смещаясь в западном направлении, и практически исчезла к ноябрю. Западный склон стал пологим и приподнялся по сравнению с ситуацией, зафиксированной в апреле, на 0,4–0,6 м. За временной интервал 6–7 мес глубина моря над восточным склоном поднятия увеличилась на 2 м, над западным склоном – уменьшилась на 0,6 м.

Неестественно интенсивные процессы размыва и аккумуляции донных отложений на рассматриваемом участке дна свидетельствуют об аномально низкой плотности грунта в области анализируемого поднятия и его очевидной искусственной природе. С высокой степенью вероятности можно утверждать, что обнаруженное локальное поднятие дна – результат сброса грунта, который был изъят в ходе дноуглубительных работ. По информации специалистов морской отрасли, похожие случаи для Азово-Черноморского бассейна не единичны. С целью экономии средств иногда изъятый грунт сваливают вблизи районов дноуглубления или по пути следования к действующей зоне дампинга.

В настоящее время в Керченском проливе и в предпроливных акваториях обоих морей расположено 7 зон дампинга, 6 из которых закрыты и одна (свалка 7), находящаяся в черноморском предпроливье у м. Такиль, – действующая (рис. 3).

В районе каждой из перечисленных зон дампинга сотрудниками ЮгНИРО в различное время и с различной степенью детализации велись комплексные океанологические исследования с целью выявления влияния этих зон на качество окружающих вод и состоянии биологических объектов. Наиболее емкие результаты были получены для районов свалок 3 и 7 (рис. 3).



Р и с. 3. Схема расположения грунтовых свалок (1–7) в акватории Керченского пролива
F i g. 3. Scheme of location of dumping zones (1–7) in the Kerch Strait water area

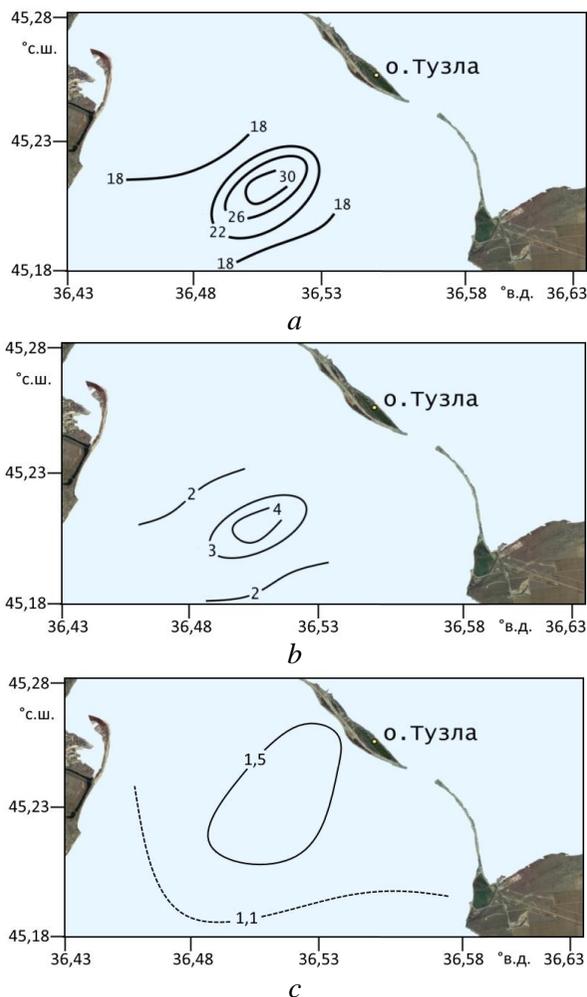
Так, результат исследований, проведенных в 70–80-е гг. прошлого столетия в районах действующих в то время грунтовых свалок, может быть кратко сформулирован следующим образом. Свалки изъятых в результате дноуглубительных работ грунта, которые были организованы в Керченском проливе в 60–80-е гг. прошлого столетия, привели к формированию обширных зон заморов, сопровождавшихся сероводородным заражением придонного слоя, поражением биоценозов, массовой гибелью рыбы и мидии, потерей огромных акваторий для нагула и нереста рыб.

На рис. 4 показано распределение океанологических характеристик в мае 2005 г. в придонном слое в районе свалки 3, которая была расположена южнее о. Тузла (рис. 3) и закрыта в 1973 г.

Видно, что по прошествии 32 лет после запрета сброса грунта в эту зону дампинга она явным образом негативно влияла на качество окружающих вод. В районе свалки наблюдался отчетливо выраженный на окружающем фоне локальный максимум концентрации ОБВ, РОВ и растворенных НП, который превышал природную норму по всем рассматриваемым характеристикам среды в 1,5–2 раза.

В районе действующей зоны дампинга (рис. 3, свалка 7) в 2002, 2008 гг. концентрация рассматриваемых веществ у дна в 2–3 раза превышала их природное содержание (рис. 5). Высокая концентрация загрязняющих веществ подтверждает точку зрения автора работы [15], согласно которой располо-

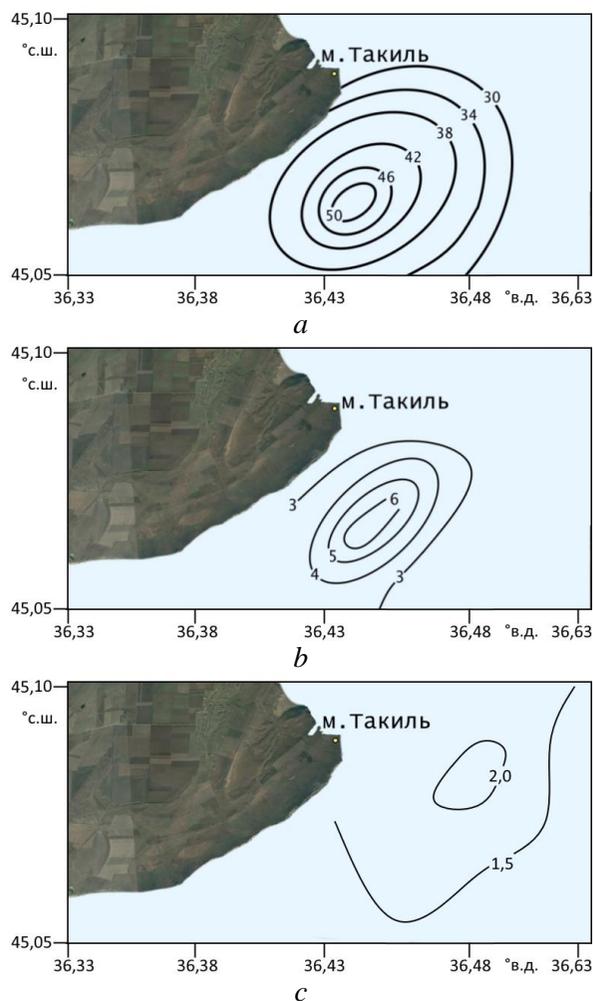
женные в Керченском проливе как закрытые, так и действующие зоны дам-
пинга представляют собой значимые источники загрязнения вод.



Р и с. 4. Распределение концентрации ОБВ, мг/л (а), РОВ, мг/л (b), растворенных НП, отн. ед. (с) в придонном слое в районе закрытой грунтовой свалки 3 в мае 2005 г.

F i g. 4. Distribution of concentrations of total suspended matter, mg/l (a), dissolved organic matter, mg/l (b) and dissolved oil products, relative units (c) in the bottom layer in the region of the closed dumping zone 3 in May, 2005

Постоянное присутствие избыточного содержания ОБВ, РОВ, раство-
ренных НП в зонах дампинга обусловлено низкой плотностью верхнего слоя
грунта на этих участках. Поэтому при прочих равных условиях (ветер, волне-
ние, течение или антропогенное физическое воздействие на водную толщу,
обусловленное движущимся судном) взмучивание придонного слоя вод здесь
более интенсивно. Растворенная в воде органика и нефтепродукты сорбиру-
ются взвесью и оседают на дно, формируя над грунтовыми свалками локаль-
ные максимумы собственной концентрации.



Р и с. 5. Распределение в придонном слое: концентрации ОБВ, мг/л (а) и РОВ, мг/л (b) в ноябре 2002 г., содержания растворенных НП, отн. ед. (с) в апреле 2008 г. в районе действующей грунтовой свалки

F i g. 5. Distribution in the bottom layer of total suspended matter (a) and dissolved organic matter (b) concentrations, mg/l in November 2002, and dissolved oil products content, relative units (c) in the region of the active dumping in April, 2008

В последние годы интенсифицировались процессы заносимости судоходных каналов, наблюдается активное обмеление Камыш-Бурунской и Керченской бухт, Керченского морского торгового и Рыбного портов. В составе донных отложений на акватории этих объектов обнаружены частицы реликтового осадочного материала, возраст которого оценивается в несколько тысячелетий, а глубина залегания – в несколько метров ниже отметки современного дна [1]. Очевидно, что перейти в водную толщу во взвешенное состояние залегающий под дном пролива исторический осадочный материал мог только в результате антропогенного вмешательства – искусственного разрушения дна углубительными работами.

Поэтому дноуглубительные работы и расположенные в акватории Керченского пролива зоны дампинга представляют собой не только очаги экологической опасности, они также неблагоприятны в навигационном плане. Осадочным материалом из мест ведения дноуглубительных работ и зон дампинга заносятся акватории Керченского пролива, порты, судоходные каналы.

Заключение

На основе данных серии экспедиций, проведенных Морским гидрофизическим институтом и Южным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии, выявлены закономерности структуры полей концентрации ОБВ, РОВ и растворенных НП в районах ведения дноуглубительных работ и свалок изъятых при дноуглублении грунта, которые расположены в Керченском проливе.

В ходе дноуглубительных работ в Керченском морском торговом порту зафиксирована максимальная за все время наблюдений концентрация ОБВ, которая на два порядка превосходила содержание этого вещества в водах Черного и Азовского морей. Характерное для порта и смежной с ним акватории высокое содержание взвеси способствует накоплению и осаждению РОВ антропогенного происхождения и растворенных НП.

Подтверждено, что изымаемый при дноуглублении грунт обладает низкой уплотненностью и аномально высокой текучестью, что способствует интенсивному размыву зон дампинга и заносимости окружающей акватории.

Выявлено, что закрытая в 1973 г. грунтовая свалка, которая расположена южнее о. Тузла, остается очагом загрязнения водной среды. Здесь в придонном слое зафиксирован отчетливо выраженный на окружающем фоне локальный максимум концентрации ОБВ, РОВ и растворенных НП, который превышал природную норму по всем рассматриваемым характеристикам среды в 1,5–2 раза.

В районе действующей зоны дампинга, находящейся у м. Такиль, концентрация проанализированных загрязняющих веществ превышала их природную норму в 2–3 раза.

Показано, что дноуглубление и зоны дампинга – не только очаги экологической опасности, они также неблагоприятны в навигационном плане, поскольку представляют собой значимые источники заносимости портов и судоходных каналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. 119 с.
2. Environmental impact and recovery at two dumping sites for dredged material in the North Sea / J. Stronkhorst [et al.] // Environmental Pollution. 2003. Vol. 124, iss. 1. P. 17–31. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00430-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00430-X)
3. Effects of long-term dumping of harbor-dredged material on macrozoobenthos at four disposal sites along the Emilia-Romagna coast (Northern Adriatic Sea, Italy) / R. Simonini [et al.] // Marine Pollution Bulletin. 2005. Vol. 50, iss. 12. P. 1595–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.031>

4. Ecological evaluation of an experimental beneficial use scheme for dredged sediment disposal in shallow tidal waters / Daphne van der Wal [et al.] // *Marine Pollution Bulletin*. 2011. Vol. 62, iss. 1. P. 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.09.005>
5. Impact of dredged-material disposal on soft-bottom communities in a recurrent marine dumping area near to Guadalquivir estuary, Spain / I. Donázar-Aramendía [et al.] // *Marine Environmental Research*. 2018. Vol. 139. P. 64–78. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.05.010>
6. *Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I.* Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment // *Proceedings SPIE, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*. SPIE, 2017. Vol. 10466. 104663G. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287127>
7. *Chepyzhenko A. I., Chepyzhenko A. A.* Methods and device for in situ dissolved organic matter (DOM) monitoring in natural waters' environment // *Proceedings SPIE, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*. SPIE, 2017. Vol. 10466. 104663S. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287797>
8. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf / E. Boss [et al.] // *Journal of Geophysical Research*. 2001. Vol. 106, no. C5. P. 9499–9507. URL: http://misclab.umeoce.maine.edu/documents/JGR_CDOM.pdf (дата обращения: 17.11.2018).
9. Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France) / M. Tedetti [et al.] // *Environmental Chemistry*. 2012. Vol. 9, no. 5. P. 438–449. <https://doi.org/10.1071/EN12081>
10. Continuous multi-spectral fluorescence and absorption spectroscopy for petroleum hydrocarbon detection in near-surface ocean waters: ZoNeC05 Survey, Fairway Basin area, Lord Howe Rise / D. Holdway [et al.] // *Canberra : Australian Geological Survey Organization*, 2000. 57 p.
11. *Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects*. Washington, D. C. : The National Academies Press, 2003. 265 p. URL: <http://www.nap.edu/GC1085.O435.2002/628.1%276833--dc21.2002015715> (дата обращения: 15.11.2018).
12. *Петренко О. А., Себах Л. К., Фацук Д. Я.* Некоторые экологические последствия дампинга в Черном море грунтов, извлеченных при дноуглублении в Керченском проливе // *Водные ресурсы*. 2002. Т. 29, № 5. С. 622–635.
13. *Ломакин П. Д., Чепыженко А. И., Чепыженко А. А.* Поле концентрации общего взвешенного вещества в Керченском проливе на базе оптических наблюдений // *Морской гидрофизический журнал*. 2017. № 6. С. 65–77. doi:10.22449/0233-7584-2017-6-65-77
14. *Хайлов К. М.* Экологический метаболизм в море. Киев : Наукова думка, 1971. 252 с.
15. *Брянцев В. А.* Возможные экологические последствия сооружения Тузлинской дамбы (Керченский пролив) // *Морской экологический журнал*. 2005. Т. 4, № 1. С. 47–50.

Об авторе:

Ломакин Павел Демьянович, ведущий научный сотрудник, отдел океанографии, ФГБУН МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), доктор географических наук, профессор, **ResearcherID: V-7761-2017**, p_lomakin@mail.ru