ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНУЮ СРЕДУ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ ГИДРООПТИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

П.Д. Ломакин^{1,2}, С.С. Жугайло³, Б.Н. Панов³, А.И. Чепыженко¹, А.А. Чепыженко¹

¹ФГБУНФИЦ «Морской гидрофизический институт», РФ, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

²Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

³Азово-Черноморский филиал («АзНИИРХ») ФГБНУ «ВНИРО»,

РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в

E-mail: p_lomakin@mail.ru

На базе данных экспедиционных исследований Морского гидрофизического института (МГИ, г. Севастополь) за время с 2001 по 2014 гг. и Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО, г. Керчь) за временной интервал с 1995 по 2010 гг. выявлены основные объекты хозяйственной деятельности, которые оказывают антропогенное влияние на воды Керченского пролива и смежные области Азовского и Черного морей. Это порты, грузовые терминалы, зоны дампинга, пункты рейдовой перегрузки и др. Результат, полученный на базе оптических методов, сопоставлен с итогом многолетних стандартных гидрохимических исследований загрязнения вод рассматриваемого региона.

Ключевые слова: общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество, гидрохимические элементы, загрязнение, Керченский пролив.

Поступила в редакцию: 25.08.2020. После доработки: 19.11.2020.

Введение. Примерно с 60-х годов прошлого столетия началась интенсивная эксплуатация Керченского пролива, как транспортного коридора, соединяющего Азовское и Черное моря, а также в связи с активным освоением минеральных и биологических ресурсов региона. Через пролив существенно возросло судоходство, интенсифицировался рыбный промысел, были проложены судоходные каналы, а на берегах развернуто мощное строительство транспортных и перерабатывающих предприятий, портов, портопунктов, верфей, грузовых терминалов и других гидротехнических сооружений. Возникнувшие объекты хозяйственной деятельности, большинство из которых функционирует и в наши дни, стали источниками загрязнения окружающей среды.

В настоящей статье рассмотрены основные факторы и источники антропогенного воздействия на воды Керченского пролива и прилегающие области Азовского и Черного морей, оценены масштабы влияния отдельных объектов хозяйственно-бытовой деятельности на водную среду, представлены сведения о

полях концентрации общего взвешенного вещества (ОВВ) и растворенного органического вещества (РОВ) на загрязненных участках рассматриваемой акватории.

Проанализированы схемы расположения основных объектов антропогенного воздействия на водную среду исследуемого региона, полученные на основе стандартных гидрохимических и новых недавно используемых в практике прибрежных исследований гидрооптических методов наблюдений. Предложена обобщенная схема наиболее значимых объектов антропогенного влияния, как результат многолетних исследований МГИ и ЮгНИРО в Керченском проливе.

Исходные данные и методы исследования. В качестве исходных использованы два независимых массива данных океанологических наблюдений: массив наблюдений МГИ за содержанием ОВВ и РОВ, основанных на методах гидрооптических измерений, и массив стандартных наблюдений ЮгНИРО за комплексом гидрохимических параметров водной среды.

Массив гидрооптических наблюдений МГИ, – архивные данные 31 экспедиции в Керченский пролив за время с 2001 по 2014 гг. (всего ~1450 зондирований, рис. 1). Это материал, содержащий информацию о полях не традиционных для классической океанологии элементов, – концентрации общего взвешенного вещества и растворенного органического вещества, который сформирован на основе оптических методов измерения рассматриваемых величин [1]. Все используемые в статье эмпирические

данные из этого массива получены в результате эксплуатации одного прибора, – зондирующего оптического биофизического комплекса «Кондор» («НПП «Аквастандарт», ТУ 431230-006-00241904-2015; код ТН ВЭД ЕАЭС 9027 50 000 0; Сертификат ЕАЭС NRU Д-РУ.ЭМ03.А.00096/19 [2]). В ходе каждого зондирования синхронно *in situ* с дискретностью 0,1м по глубине фиксировались температура, соленость, концентрация ОВВ и концентрация РОВ.

Рис. 1. Обобщенная схема станций, выполненных с использованием оптического зонда «Кондор» в Керченском проливе за время 2001–2014 гг.

Fig. 1. A generalized stations' scheme undertaken using the Condor optical meter in the Kerch Strait during the period 2001–2014

В настоящее время содержание РОВ в водной среде относят к одному из лучших индикаторов загрязнения прибрежных акваторий. Этот параметр широко используют в мировой практике в задачах загрязнения (в том числе и бактериального) и оценки качества вод прибрежных акваторий океанов и морей [3–5].

Массив гидрохимических наблюдений ЮгНИРО включил архивные материалы 24 комплексных океанологических съемок акватории Керченского пролива, которые были реализованы за время с 1995 по 2010 гг. [6, 7]. Также для анализа были привлечены данные ежеквартальных контрольных съемок на

микро полигонах в районе рейдовых перегрузок за 2007–2011 гг. [8, 9].

В экспедициях ЮгНИРО отбор проб воды осуществлялся батометрами Ван-Дорна, а донные отложения отбирались дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,1 м².

Анализ гидрохимических параметров морской среды, а также уровня загрязненности вод и донных отложений нефтепродуктами, выполнен в аккредитованной в системе Госстандарта лаборатории морских экосистем в институте ЮгНИРО. Использовались метрологически аттестованные методики и оборудование.

Определение содержания нефтепродуктов проведено с экстракцией органическими растворителями, хроматографическим разделением на основные компоненты (нелетучие углеводороды, смолы и асфальтены) и количественном измерении ИК-, УФ-спектрометрическим и люминесцентным методами на инфракрасном спектрофотометре IR-420, СФ-46 и флуориметре «Квант-7».

Определение азота органического и минерального (нитритного, нитратного, аммонийного), а также фосфора минерального и органического выполнено фотоколориметрически с применением стандартных гидрохимических методик.

Анализируемые в настоящей работе результаты МГИ получены в рамках обычных океанографических экспедиций, программы которых не были специально ориентированными на экологические задачи и вопросы загрязнения. Благодаря возможности синхронной фиксации в зондовом режиме концентрации ОВВ и РОВ в комплексе с традиционными (термохалинными) океанографическими параметрами водной среды, удалось получить представление о трехмерных полях содержания этих веществ и на основе методов классической океанографии (анализ структуры поля интересующих величин) выявить основные загрязненные участки исследуемой акватории.

Для этого предварительно была решена задача типизации вертикальных профилей ОВВ(z) и РОВ(z) по определенному набору качественных признаков и предложены схемы районирования исследуемой акватории по типовым признакам стратификации полей рассматриваемых величин.

Типовые признаки стратификации поля ОВВ в водах Керченского пролива и соответствующая схема районирования описаны в работе [10]. Результат типизации и районирования акватории пролива по характерным признакам стратификации поля концентрации РОВ показан на рис. 2 а-в.

Основная особенность обеих типизаций, – наряду с относительно «гладкими» профилями, которые свойственны незагрязненным взаимодействующим в

проливе водам Азовского и Черного морей (рис. 2 а, б), выявлены профили ОВВ(z) и РОВ(z), характеризующиеся особой немонотонной формой с тонкими слоями воды, где концентрация исследуемых величин в разы и десятки раз превышала их фоновое содержание (рис. 2 в). На горизонтальных распределениях концентрации РОВ подобные структуры выделяются в виде локальных максимумов содержания рассматриваемой величины.

Эти аномальные структурные образования на фоне однородных полей могут быть интерпретированы, как интрузии вод антропогенной природы. Условно данный тип стратификации полей содержания ОВВ и РОВ нами назван ТЗ (тип загрязнения). Его ареал представлен в виде отдельных пятен (линз), которые в ходе экспедиционных исследований были обнаружены по всей акватории пролива. Наиболее масштабные линзы вод с признаками загрязнения в полях концентрации ОВВ и РОВ картированы и представлены на рис. 2 г. Для удобства описания они пронумерованы.

Отметим, что, используя термин «загрязнение», мы придерживаемся определения «contamination», заимствованного из работы [11]. Загрязнение (contamination) – это просто присутствие вещества там, где его не должно быть, или в концентрациях выше фона. Pollution – загрязнение, которое приводит или может привести к неблагоприятным биологическим последствиям для местных сообществ.

По расположению и размерам линз с максимальной на окружающем фоне концентрацией и типовой стратификацией полей содержания ОВВ и РОВ были выявлены основные объекты антропогенной нагрузки на водную среду Керченского пролива и оценен линейный масштаб их влияния.

Результат, полученный на базе массива оптических измерений МГИ, сопоставлен с итогом многолетних (с 1995 по 2010 гг. [12]) исследований загрязнения вод Керченского пролива, которые велись сотрудниками ЮгНИРО на базе стандартных гидрохимических методов наблюдений.

Рис. 2. Типовые профили $POB(z)$ – а, б, в; схема районирования акватории Керченского пролива по характерным признакам вертикальной стратификации поля концентрации $ОВВ$ и POB – г; схема расположения объектов антропогенной нагрузки – д

Fig. 2. The typical $DOM(z)$ profiles - а, б, в; the scheme of the Kerch Strait waterszoning according to characteristic signs of vertical TSM and DOM field concentration stratification - г; the anthropogenic load objects location scheme - д

Обсуждение результатов. По расположению линз с вертикальной стратификацией рассматриваемых величин по типу ТЗ (рис. 2 г) легко определить возможные объекты, способствующие поступлению на исследуемую акваторию взвеси и растворенной органики антропогенной природы. Это, как показано ниже по тексту, – порты, грузовые терминалы, зоны дампинга, пункты рейдовой перегрузок др.

На схеме рис. 2 д нанесены основные объекты хозяйственной деятельности, которые находятся на берегах Керченского пролива и в море. Видно, что

практически все выявленные линзы вод с признаками стратификации $ОВВ$ и POB по типу ТЗ расположены вблизи (в окрестности) этих объектов (рис. 2 г, д).

Так, линза 1 примыкает к участку побережья азовского предпроливья, где находятся очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод г. Керчь, известные под названием Бондаренковские очистные сооружения. Линзы 2, 3, 4, 5 расположены над свалками изъятых при дноуглубительных работах грунта. Структуры по типу ТЗ наблюдались также в южной части пролива, у двух пунктов рейдовой перевалки грузов

(линзы 6, 7). Линза 7 трижды фиксировалась нами: в мае 2005 г, в апреле 2008 г. и июле 2010 г. Ее горизонтальный масштаб около 2 миль в маловетреную погоду и до 5-6 миль в условиях свежего меридионального ветра. Все съемки на полигонах вблизи Камыш-Бурунской бухты, где находятся порты завода «Залив» и Железорудного комбината выявили признаки структуры по типу ТЗ (Линза 8). Линза 9 расположена в западной части Керченской бухты на подходах к Керченскому морскому рыбному и Керченскому морскому торговому портам, между которыми находится содовый терминал. Линзы 10, 11 наблюдались на подходах к портам

«Крым» и «Кавказ», линза 12 – к нефтяному терминалу на мысе Белый. Линза 13, зафиксированная нами в мае 2005 года по данным съемки и спутниковой информации, была вынесенной в пролив из Азовского моря.

На рис. 3 приведена схема, где также изображены основные объекты антропогенного воздействия на экосистему Керченского пролива. Данная схема предложена сотрудниками ЮгНИРО [12] и получена по результатам многолетних экспедиционных исследований пролива на базе традиционных гидрохимических методов наблюдений.

Рис. 3. Схема ЮгНИРО [12]. Основные объекты антропогенного воздействия на экосистему Керченского пролива: 1 – береговой нефтеперегрузочный комплекс; 2 – гидротехническое сооружение; 3 – нефтехимический терминал; 4 – рейдовый перегрузочный комплекс (стоянка № 451); 5 – рейдовый перегрузочный комплекс (стоянка № 471); 6 – порт завода «Залив»; 7 – порт Железорудного комбината; 8 – Керченский морской рыбный порт; 9 – Керченский морской торговый порт; 10 – Бондаренковские очистные сооружения; 11 – порт «Крым»; 12 – Керчь-Еникальский канал; 13 – порт «Кавказ»

Fig. 3. YugNIRO scheme [12]. The main objects of anthropogenic impact on the Kerch Strait ecosystem: 1 - onshore oil transshipment complex; 2 - hydraulic object; 3 - petrochemical terminal; 4 - road reloading complex (parking No. 451); 5 - the road reloading complex (parking No. 471); 6 - the Zaliv factory port; 7 - the Iron Ore Combine port; 8 - the Kerch Marine Fishing Port; 9 - the Kerch Commercial Sea Port; 10 - the Bondarenkovsky treatment facilities; 11 - the "Crimea" port; 12 - the Kerch-Yenikalsky Channel; 13 - the "Caucasus" port

Обе схемы (рис. 2 д и рис. 3) определяют практически одни и те же значимые объекты антропогенной нагрузки на водную экосистему Керченского пролива. Основное различие состоит в том, что источники загрязнения Керченского пролива 1, 2, 3,

12, обнаруженные ЮгНИРО (рис. 3), не выявлены МГИ (рис. 1 д). Это обусловлено тем, что соответствующие участки акватории исследуемого региона не были охвачены экспедиционными исследованиями МГИ.

Отметим, что значимость объекта 12 (рис. 3), связанного с дноуглублением судоходных каналов, подтверждается исследованиями МГИ поля ОВВ в ситуации, когда на акватории Керченского морского торгового порта проводились дноуглубительные работы. Тогда на портовой акватории и подходах к ней была зафиксирована максимальная, наблюдавшаяся за все время экспедиционных исследований в Керченском проливе концентрация ОВВ, достигавшая 220–260 мг/л.

На схеме ЮгНИРО (рис. 3) не обозначены в качестве объектов, загрязняющих водную среду, свалки изъятых

при дноуглублении грунта. Вместе с тем, в литературе имеются результаты комплексных исследований сотрудников этого института, свидетельствующие о важной роли как действующих, так и закрытых зон дампинга, как факторов, негативно влияющих на экосистему пролива и смежных акваторий Азовского и Черного морей [13].

Это положение подтверждено исследованиями МГИ. Так, в придонном слое в районе четырех грунтовых свалок были зафиксированы линзы с повышенным в 1,5–3 раза относительно окружающего фона содержанием ОВВ и РОВ (рис. 4).

Рис. 4. Концентрация растворенного органического вещества, мг/л (слева) и общего взвешенного вещества, мг/л (справа) в придонном слое в зонах дампинга: а – свалка у мыса Хрони, май 2012 г.; б – свалка у косы Чушка, октябрь 2013 г.; в – свалка к югу от о. Тузла, май 2005 г.; г – свалка у мыса Такиль, ноябрь 2002 г.

Fig. 4. Dissolved organic matter, mg/l (left) and total suspended matter, mg/l (right) concentrations in the bottom layer of the dumping zones: а – the landfill at the Cape Chroni (May 2012); б – the dump at the Chushka Scythe (October 2013); в – the landfill to the south of Tuzla Island (May 2005); г – the dump at the Cape Takil (November 2002)

Известно, что свалки, находящиеся у мыса Хрони и южнее о. Тузла, были закрыты примерно в 70-е годы прошлого столетия. То есть, съемки, результаты которых представлены на рис. 4 а, в, иллюстрируют состояние водной среды в районах этих свалок в ситуации через 30–40 лет после последнего сброса изъятых в ходе дноуглубительных работ грунта.

Наиболее выраженный локальный максимум концентрации ОВВ и РОВ был зафиксирован нами в придонном слое в районе действующей до настоящего времени грунтовой свалки, которая находится в черноморском предпроливье, в районе мыса Такиль (рис. 4 г).

Это означает, что рассмотренные выше четыре зоны дампинга, как закрытые, так и действующая свалка, представляют собой объекты, загрязнявшие водную среду Керченского пролива и прилегающие к нему акватории обеих морей в течение длительного времени, и этот эффект сохраняется на современном этапе. Горизонтальный масштаб влияния данных объектов в придонном слое оценивается приблизительно в 2–5 мили.

По мнению авторов [14], эффекты хронического воздействия загрязняющих веществ (даже низких концентраций) на водную среду, подобные обнаруженным нами в районах грунтовых свалок, негативно влияют на репродукцию и иммунологию биологических сообществ. Они также стимулируют канцерогенность у объектов живой природы и требуют тщательного научного исследования.

Сейчас в Керченском проливе находятся 7 грунтовых свалок, 5 из которых закрытые, и 2, расположенные в Черноморском предпроливье, – действующие. Учитывая свойства полей содержания ОВВ и РОВ, выявленные в придонном слое рассмотренных выше 4 свалок (рис. 2 д, рис. 4), схожие ситуации локального загрязнения вод вполне вероятны в районах всех грунтовых свалок пролива. Из этих соображений все известные нам в пределах исследуемой акватории свалки изъятых при дноуглубительных работах грунта отнесены к основным значимым объектам антропогенного влияния (рис. 2 д).

На рис. 5 представлена обобщенная схема расположения основных объектов антропогенного воздействия на воды Керченского пролива, полученная по результатам многолетних экспедиционных исследований Керченского пролива, которые были проведены в начале текущего столетия двумя научно-исследовательскими институтами, МГИ и ЮгНИРО. Видно, что большинство объектов загрязнения связаны с эксплуатацией флота и объектов обеспечивающей его инфраструктуры. Здесь отмечены все порты и пункты рейдовой перегрузки, два нефтяных и содовый терминал, судоходные каналы, грунтовые свалки. Кроме этого к основным объектам антропогенного влияния отнесены очистные сооружения г. Керчь и линзы загрязненной азовоморской воды, поступающие в пролив через него азовскую узкость.

Судя по размерам линз с интрузионной формой профиля вертикального распределения концентрации ОВВ и РОВ (рис. 2 г), горизонтальный масштаб влияния рассмотренных выше объектов оценивается в 1–6 миль.

Впадающие в Керченскую бухту небольшие загрязненные речки Мелек-Чесме, Булганак, Джарджава также представляют собой объекты антропогенного воздействия на водную среду Керченского пролива. Как правило, их влияние в полях содержания ОВВ и РОВ ограничивается несколькими сотнями метров от устья. Вместе с тем, несмотря на малую водность, эти речки во время паводка (как, например, в октябре 2002 г) затопляют центральную часть г. Керчь и сбрасывают в прибрежную зону большие объемы пресных вод, содержащих значительное количество ОВВ, РОВ и других загрязняющих веществ.

Влияние этих источников загрязнения на водное пространство пролива не достаточно изучено. Согласно результатам исследований, которые ведутся экологами Керченского морского торгового порта, впадающая в акваторию порта и протекающая через промышленные районы Керчи р. Булганак, представляет собой основной источник загрязнения портовой акватории. Сток этой речки

способствует накоплению в придонном слое РОВ антропогенной природы. На выходе из порта, у дна подходного судоходного канала, нами была зафиксирована максимальная за все время наблю-

дений в Керченском проливе концентрация РОВ, равная 18 мг/л, при этом профиль РОВ(z) имел ярко выраженную интрузионную форму.

Рис. 5. Объединенная схема расположения основных объектов антропогенного воздействия на водную экосистему Керченского пролива, основанная на результатах многолетних исследований МГИ и ЮгНИРО

Fig. 5. The combined scheme of the main anthropogenic impact objects on the Kerch Strait aquatic ecosystem, based on results of perennial research undertaken by MHI and YugNIRO

Отдельным, судя по имеющимся в нашем распоряжении данным, мощным, но слабо изученным объектом, загрязняющим воды Керченского пролива, следует выделить судоходство. Согласно оценкам [15, 16], заметное увеличение концентрации нефтепродуктов в морской среде Керченского пролива, наблюдавшееся в конце прошлого столетия, было обусловлено, в основном, операциями по их перегрузке. В последние годы

приоритетную значимость по степени антропогенного воздействия на воды пролива приобрела интенсификация судоходства. Так, по данным Службы регулирования движения судов Керченского морского торгового порта, количество проходов судов через пролив с 1999 по 2002 гг. возросло с 10 до 20 тысяч, а в 2010 г. оно достигло 26,7 тысяч.

По данным МГИ пробы воды, отобранные из кильватерного следа движущихся судов, показали наличие в них

щихся по судоходным каналам крупнотоннажных (30–40 тыс. т) судов, содержат до 140–167 мг/л ОВВ. Это вторая по значению после дноуглубительных работ концентрация данного вещества, которая была зафиксирована МГИ в Керченском проливе. По визуальным оценкам влияние судоходства, как источника антропогенного ОВВ, распространяется на значительную часть акватории Керченского пролива.

По степени значимости (продуктивности) антропогенные источники ОВВ и РОВ в Керченском проливе можно представить, примерно, в такой последовательности: дноуглубительные работы и дампинг изъятых грунтов; судоходство; грунтовые свалки и каналы; загрязненные воды Азовского моря; порты, площадки рейдовой перегрузки, терминалы; очистные сооружения г. Керчь; впадающие в пролив загрязненные реки.

Критерий показанной выше иерархии – соответствие убыванию максимальных значений концентрации ОВВ и РОВ в окружающих перечисленные объекты водах, также горизонтальный масштаб влияния этих объектов.

Заключение. На основе данных экспедиционных исследований МГИ (г. Севастополь) и ЮгНИРО (г. Керчь) выявлены основные факторы и хозяйственно-бытовые объекты, которые оказывают антропогенное воздействие на воды Керченского пролива и прилегающих областей Азовского и Черного морей. Проанализированы масштабы влияния отдельных объектов хозяйственно-бытовой деятельности на водную среду.

Представлены сведения о концентрации общего взвешенного вещества (ОВВ) и растворенного органического вещества (РОВ), а также особенностей стратификации полей этих величин на загрязненных участках рассматриваемой акватории.

Показано, что на участках исследуемой акватории, которые примыкают к хозяйственно-бытовым объектам, наблюдаются локальные максимумы содержания и особый (интрузионный) тип

вертикальной структуры полей концентрации ОВВ и РОВ. Здесь профили ОВВ(z) и РОВ(z) характеризуются немонотонной формой с тонкими слоями воды, где концентрация исследуемых величин в разы и в десятки раз превосходит их фоновое содержание. Эти аномальные структурные образования, наблюдаемые на фоне однородных полей рассматриваемых величин, – показатель присутствия вод антропогенного происхождения на соответствующих участках акватории Керченского пролива.

Большинство объектов, загрязняющих исследуемую акваторию, связано с эксплуатацией флота и объектов обеспечивающей его инфраструктуры. Это дноуглубительные работы и дампинг изъятых грунтов, судоходство, грунтовые свалки и судоходные каналы, порты, площадки рейдовой перегрузки, грузовые терминалы. Кроме этого, к основным объектам антропогенного влияния отнесены линзы загрязненной азовоморской воды, очистные сооружения, загрязненные реки, которые впадают в Керченскую бухту.

Масштаб влияния большинства из обнаруженных объектов, загрязняющих воды Керченского пролива, оценивается в 1–6 миль.

Представленные в настоящей статье результаты многолетних исследований Керченского пролива, которые касались примерно одного и того же промежутка времени, и были проведены независимо двумя научно-исследовательскими институтами на базе качественно различных методов, показали хорошее сходство. Это указывает на достоверность оптических методов наблюдений за содержанием ОВВ и РОВ в море, подтверждает значимость этих величин, как индикаторов загрязнения вод, и определяет хорошую перспективу исследования структуры их полей в задачах оценки качества водной среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам: № 0827-

2020-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей». Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 18-45-920068; «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера и антропогенного воздействия» (№ госрегистрации АААА-А19-119031490078-9); «Оценка изменений современного состояния морской среды по гидрологическим и гидрохимическим показателям, изменения которых вызваны природным и антропогенным влиянием» (№ госрегистрации 0109U007409), а также научно-исследовательской работы по оценке уровня остаточного загрязнения нефтепродуктами побережья Керченского пролива и острова Коса Тузла с целью выноса объектов загрязнения. № гос. регистрации 0109U006873. Исследование проведено в рамках финансирования природоохранного мероприятия Реском-природы Крыма (согласно договору № 1 от 24.06.2009 г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Twardowski M.S., Lewis M.R., Barnard A.H., Zaneveld J.R.V. (2007) In-Water Instrumentation and Platforms for Ocean Color Remote Sensing Applications//In book: Remote Sensing of Coastal Aquatic Environments. Chapter 4. Remote Sensing and Digital Image Processing, vol. 7. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-1-4020-3100-7_4 (дата обращения: 13.07.2019).
2. Комплекс гидробиофизический мультипараметрический погружной автономный «КОНДОР». URL: <http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor> (дата обращения: 26.05.2020).

3. Karlsson C. M. G., Cerro-Galvez E., Lundin D., Karlsson C., Vila-Costa M., Pinhassi J. (2019) Direct effects of organic pollutants on the growth and gene expression of the Baltic Sea model bacterium *Rheinheimera* sp. BAL341/ Microbial Biotechnology. 12 (5). DOI: 10.1111/1751-7915.13441 (дата обращения: 13.07.2019).

4. Boss E. S., Pegau W. S., Zaneveld J. R., Barnard A. H. (2001) Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf //Journal of Geophysical Research: Oceans. Vol. 106. Iss. C5. P. 9499-9508. DOI: 10.1029/2000JC900008 (дата обращения: 13 июля 2019).

5. Tedetti M., Longhitano R., Garcia N., Guigue C., Ferretto N., Goutx M. (2012) Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France) // Environ. Chem. Vol. 9. Iss. 5. P. 438-449. doi:10.1071/EN12081 (дата обращения: 13.07.2019).

6. Сапожников В.В. Комплексные исследования Керченского пролива / В.В. Сапожников, Н.В. Аржанова, Н.М. Лапина [и др.] // Океанология. 2011. Т. 51. Вып. 5. С. 951-953.

7. Троценко Б.Г. Оценка влияния изменчивости гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров на биопродуктивность Керченского пролива / Б.Г. Троценко, С.С. Жугайло, Л.К. Себах [и др.] // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане: сб. науч. трудов. Керчь. 2012. С. 86-97.

8. Панов Б.Н. Океанографическая оценка последствий современного антропогенного воздействия на экосистему Керченского пролива / Б.Н. Панов, П.Д. Ломакин, С.С. Жугайло // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского: серия География. 2011. Т. 24 (63). Вып. 1. С. 109-120.

9. Петренко О.А. Результаты много-

летних исследований уровня загрязнения морской среды Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна / О.А. Петренко, С.С. Жугайло, Т.М. Авдеева // Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне и Мировом океане: сб. науч. трудов. Керчь. 2015. С. 4–18.

10. Ломакин П.Д., Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Типизация и районирование акватории Керченского пролива по характерным признакам стратификации поля концентрации общего взвешенного вещества // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. Вып. 2. С. 94–102.

11. Peter M Chapman, April Hayward, John Faithful (2017) Total Suspended Solids Effects on Freshwater Lake Biota Other than Fish // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 99. Iss. 5.P. 423-427. DOI: 10.1007/s00128-017-2154-y (дата обращения: 13.07.2019).

12. Основные источники антропогенного воздействия на экосистему Керченского пролива // Природоохранные исследования ЮгНИРО. Презентация.

Слайд № 23.
http://www.myshared.ru/slide/642219/(дата обращения: 16.06.2020).

13. 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.

14. Persistent Organic pollutants. http://marinespecies.org/introduced/wiki/Coastal_pollution_and_impacts#Persistent_Organic_Pollutants_.28POPs.29 (дата обращения: 13.07.2019).

15. Петренко О.А. Особенности нефтяного загрязнения Керченского пролива на современном этапе // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна: IV междунар. конф. (8-9 октября 2008 г.). Керчь: Изд-во ЮгНИРО. 2008. С. 12–17.

16. Себах Л.К. Влияние перегрузки нефтепродуктов на компоненты экосистемы Керченского пролива // Материалы V науч.-практ. конф. УО МАНЭБ – Южный – Одесса: Друк. 2006. С. 111–115.

THE MAIN OBJECTS OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE KERCH STRAIT WATER ENVIRONMENT ACCORDING TO HYDROOPTICAL AND HYDROCHEMICAL OBSERVATION DATA

P.D. Lomakin^{1,2}, S.S. Zhugailo³, B.N. Panov³, A.I. Chepyzhenko¹, A.A. Chepyzhenko¹

¹Federal State Budget Scientific Organization Federal Research Center “Marine Hydrophysical Institute”, RF, Sevastopol, Kapitanskaya St., 2

²Institute of the Natural and Technical Systems, RF, Sevastopol, Lenin St., 28

³The Azov-Black Sea Branch of Russian Federal “Research Institute of Fisheries and Oceanography” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don, Beregovaya St., 21v

Based on expeditionary data of Marine Hydrophysical Institute (MHI, Sevastopol) and Southern Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (YugNIRO, Kerch), the main objects of economic activity that have anthropogenic impact on the Kerch Strait waters and adjacent areas of the Sea of Azov and the Black Sea are identified. These are ports, cargo terminals, dump zones, raid transshipment points, etc. Results obtained by optical methods were compared with those of long-term standard hydrochemical complex observations of water pollution in the studied region.

Keywords: total suspended matter, dissolved organic matter, anthropogenic impact, contamination, the Kerch Strait.