



УДК 504+551. 465

П. Д. Ломакин<sup>1</sup>, д. г. н., вед. н. с., Н. И. Чекменёва<sup>2</sup>, вед. инж., А. А. Чепыженко<sup>1</sup>, асп.

<sup>1</sup> – Морской гидрофизический институт Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

<sup>2</sup> – Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

## ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА «ЛЕБЯЖЬИ ОСТРОВА» (КАРКИНИТСКИЙ ЗАЛИВ, ЧЁРНОЕ МОРЕ) В ЛЕТНИЙ СЕЗОН

На основе данных трех экспедиций, проведенных специалистами Института биологии южных морей НАН Украины и Морского гидрофизического института НАН Украины в августе 2005, в августе 2007 и в июле 2008 гг. рассмотрены особенности гидрофизических условий у орнитологического заповедника «Лебяжьи острова» (прибрежные воды Каркинитского залива, Чёрное море). Впервые выполнены оценки загрязнения исследуемой акватории растворённым органическим веществом искусственного происхождения и растворёнными нефтепродуктами. Определены концентрации, источники и пути распространения суммарной взвеси и загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** Лебяжьи острова, Чёрное море, общее взвешенное вещество (ОВВ), растворённое органическое вещество (РОВ), растворённые нефтепродукты, пути распространения, загрязнение.

Орнитологический филиал Крымского природного заповедника «Лебяжьи острова» расположен в северо-западной части Крымского п-ова на берегу Каркинитского залива. Основные морфометрические формы исследуемой акватории представлены двумя косами, которые ориентированы в северо-восточном направлении. Первая связанная с берегом коса отделяет Андреевский лиман, вторая, которая, по-видимому, представляет собой естественное продолжение первой, ограничивает с моря Сары-Булатский лиман. В узкости между косами находятся несколько островков и отмелей. На косе Сары-Булатского лимана расположено небольшое мелководное озеро, которое сообщается с северной частью лимана узким протоком. Между лиманами находится село Портовое. С суши к селу примыкают рисовые чеки, которые в последние годы не засеиваются (рис. 1). Перед нами была поставлена задача выполнить оценку загрязнения акватории заповедника растворённым органическим веществом искусственного происхождения и растворёнными

нефтепродуктами, определить концентрации, источники и пути распространения суммарной взвеси и загрязняющих веществ.

**Материал и методы.** Экспериментальные работы выполнены в августе 2005, 2007 и в июле 2008 гг. с борта катера. Акватория, на которой был реализован комплексный океанологический эксперимент (глубины от 0.5 до 5 м), включила участки обоих лиманов и озеро (глубины 0.5 - 1 м), а также пространство открытой части Каркинитского залива с глубинами от 2 до 5 м, находящееся к северо-западу от кос, ограничивающих заповедник. Западная граница полигона располагалась на расстоянии около 1 мили мористее обеих кос. Всего выполнено 12 станций, более или менее равномерно покрывавших исследуемую область (рис. 1; спутниковый снимок взят из INTERNET – поисковая система GOOGLE).

Во всех экспедициях проведены гидрофизические исследования, в экспедициях 2007 и 2008 гг. они были дополнены оптическими измерениями.

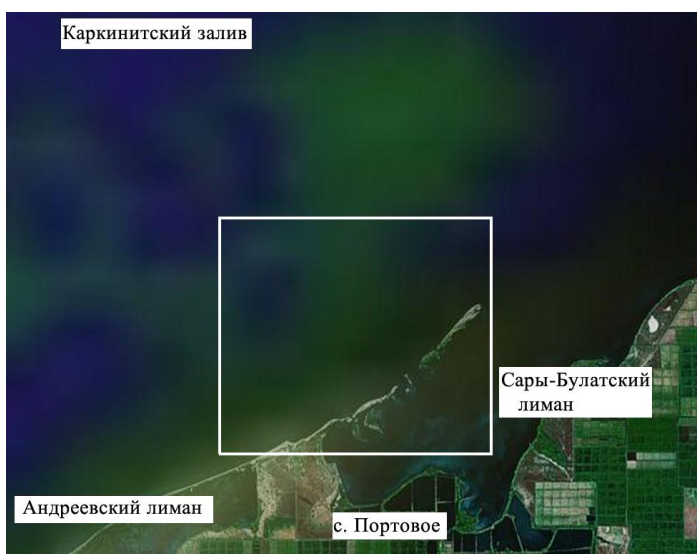


Рис. 1 Спутниковый снимок исследуемой акватории. Белой рамкой обозначены границы океанологического полигона

Fig. 1 The satellite picture of the examined area of waters. The borders are marked by the white line

центрация растворённых нефтепродуктов оценивалась в относительных единицах (отн. ед.), показывающих во сколько раз их реальная концентрация превосходит концентрацию, типичную для вод открытой части Чёрного моря.

Все параметры среды картировались для верхнего и придонного горизонтов.

**Результаты и обсуждение.** Во всех экспедициях запись параметров течений выявила в центре полигона устойчивые и хорошо выраженные потоки вод, с преобладающей вдольбереговой составляющей. В 2005 и 2007 гг. они были направлены преимущественно на запад и северо-запад, в 2008-м – на восток. Скорость течений достигала 1 узла. Судя по характерным косвенным признакам, в узкости между косами наблюдались струи течений примерно такого же направления, что и в центре полигона, но они были более интенсивными и на поверхности моря проявлялись в виде бурных потоков. По свидетельству сотрудников орнитологической станции и местных рыбаков, мощные течения – явление, типичное для прибрежной области данного региона.

Характерная особенность пространственного распределения температуры и солёности в летний сезон, которая была зафиксирована нами во всех съёмках, – уменьшение значений обоих этих параметров в направлении от берега в мористую сторону. Это объясняется тем, что прибрежные мелководные участки лиманов осолонены и более прогреты по сравнению с акваторией открытых участков моря. Так, температура воды в Андреевском лимане в августе достигала 27.8 – 29.6°C, тогда как на мористых участках полигона 23.2 – 23.5°C. Солёность в лиманах 18.5 – 22.5 ‰, в мористой

Гидрофизический комплекс включил наблюдения за течениями, температурой и солёностью верхнего и придонного слоёв на станциях полигона. Температура воды определялась при помощи глубоководных опрокидывающихся термометров. Пробы на солёность отбирали батометром и определяли в лабораторных условиях на солемере.

Примерно в центре полигона, в точке с глубиной около 3 м, с борта заякоренного катера вывешивали автономный регистратор течений МГИ-1301. Дискретность фиксации течений 1 м. Время полной экспозиции прибора 1 ч.

Пробы воды на загрязнение (на анализ спектрального коэффициента ослабления направленного света) отбирались батометром с поверхности и с придонного горизонта.

Дальнейший анализ проводился в лабораторных условиях на спектральном измерителе прозрачности OSP-IPO [3]. Концентрации рассматриваемых величин, полученные на основе спектрофотометрических методик [4, 5], сопоставляли с соответствующими характерными концентрациями, наблюдаемыми в открытых водах Чёрного моря. Последние, заимствованные из [2] и равные 0.2 мг л<sup>-1</sup> для общего взвешенного вещества, 2 мг л<sup>-1</sup> для органического растворённого вещества и 1 (безразмерная единица) для растворённых нефтепродуктов, принимались за норму. То есть, кон-

области полигона 17.0 – 17.3 ‰. Водная толща по термохалинным параметрам была однородной по вертикали.

Рассмотрим поля концентрации суммарного взвешенного в воде вещества, раство-

рѐнной органики и нефтепродуктов по результатам съёмки 2007 г (рис. 2). Напомним, что в данной ситуации течение было направлено на северо-запад.

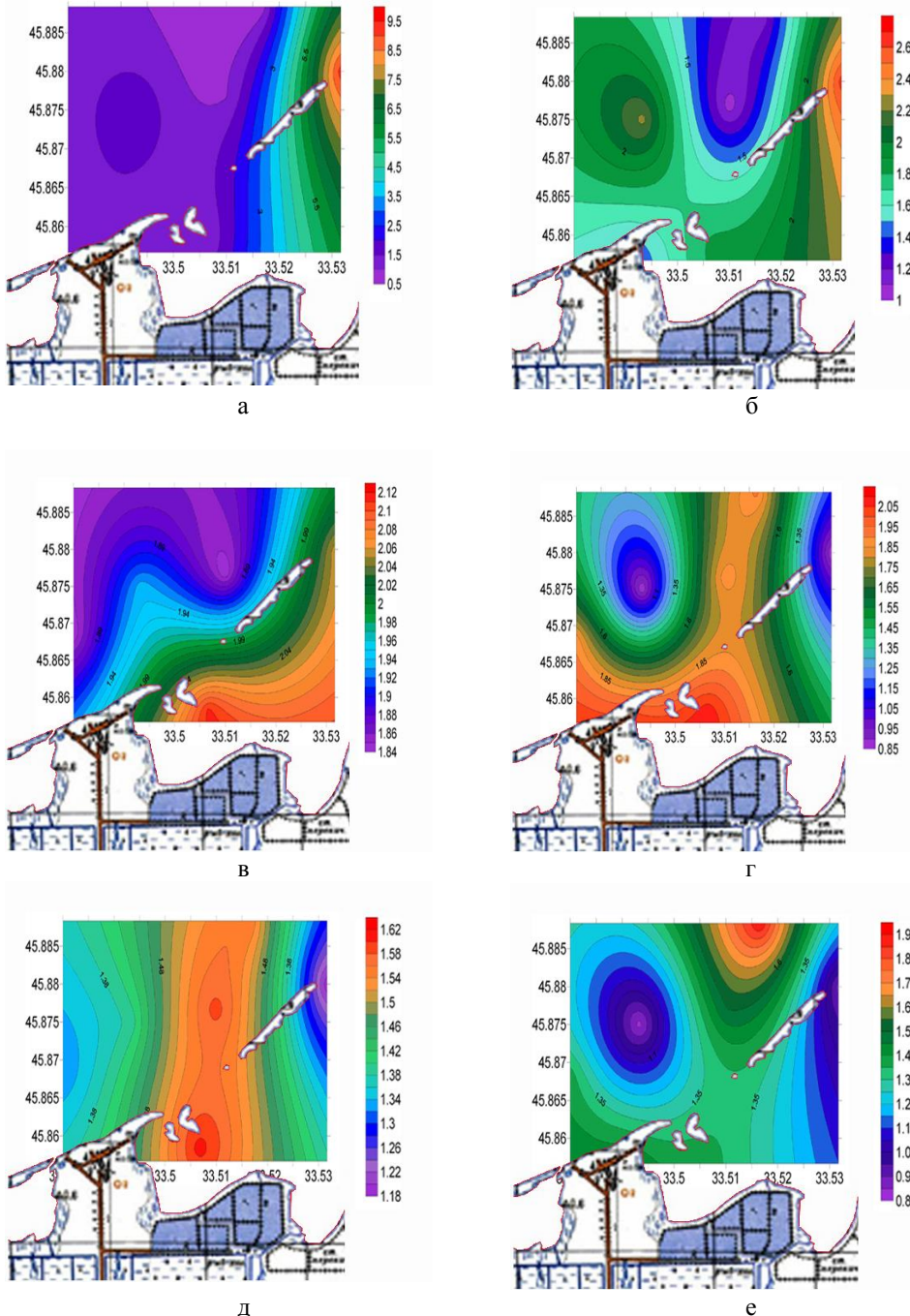


Рис. 2 Распределение суммарного взвешенного вещества (мг/л) – а, растворѐнной органики (мг/л) – в, растворѐнных нефтепродуктов (отн. ед) – д на поверхности моря и этих же параметров среды – б, г, е соответственно для придонного горизонта по данным съѐмки 2007 г.

Fig. 2 The total suspended matter (TSM) (mg/l) – а, dissolved organic matter (CDOM) (mg/l) – в, dissolved oil – д distribution in the surface waters and in the bottom zone waters – б, г, е under the data of conducted experiment in 2007

Анализ схем распределения анализируемых параметров среды показал, что все они имели различные источники, хотя характер их

распространения, определявшийся системой течений, оказался аналогичным. Как на поверхности, так и у дна максимум содержания

общего взвешенного в воде вещества был локализованным в озере, расположенном на косе, ограничивающей Сары-Булатский лиман, и в прилегающих к этой косе участках лимана. По видимому, воды данного озера представляют основной источник взвешенного вещества в исследуемом районе. Концентрация суммарной взвеси здесь достигала  $10 \text{ мл л}^{-1}$  на поверхности и  $3 \text{ мл л}^{-1}$  у дна, что соответственно в 50 и 15 раз превышало условную норму. Второй, менее значимый локальный максимум содержания суммарной взвеси  $2.8 \text{ мл л}^{-1}$  на поверхности и  $2.4 \text{ мл л}^{-1}$  у дна зафиксирован в западной части полигона. Его происхождение, вероятно, обусловлено выносом и перераспределением в системе течений суммарной взвеси из её основного источника (рис. 2 а, б).

Представленный выше результат позволяет полагать, что для исследуемой акватории основной источник суммарного взвешенного вещества связан с природными факторами – особенностями функционирования экосистемы островной зоны, и, в частности, с жизнедеятельностью сконцентрированных здесь птиц.

На поверхности и у дна максимум концентрации растворённого органического вещества около  $2.2 \text{ мг л}^{-1}$  (в 1.1 раза выше нормы) наблюдался непосредственно у берега в виде узкой полосы. Отсюда течением это вещество разносилось к северу и северо-западу, где его концентрация становилась меньшей по сравнению с концентрацией в водах открытой части Чёрного моря (рис. 2 в, г).

Можно считать, что в августе 2007 г. поле концентрации растворённого органического вещества было мало искаженным (~ на 10 %) антропогенными добавками и характеризовалось значениями концентрации, близкими к природным. То есть, на исследуемой акватории отсутствуют более или менее значимые местные источники растворённого органического вещества искусственного происхождения.

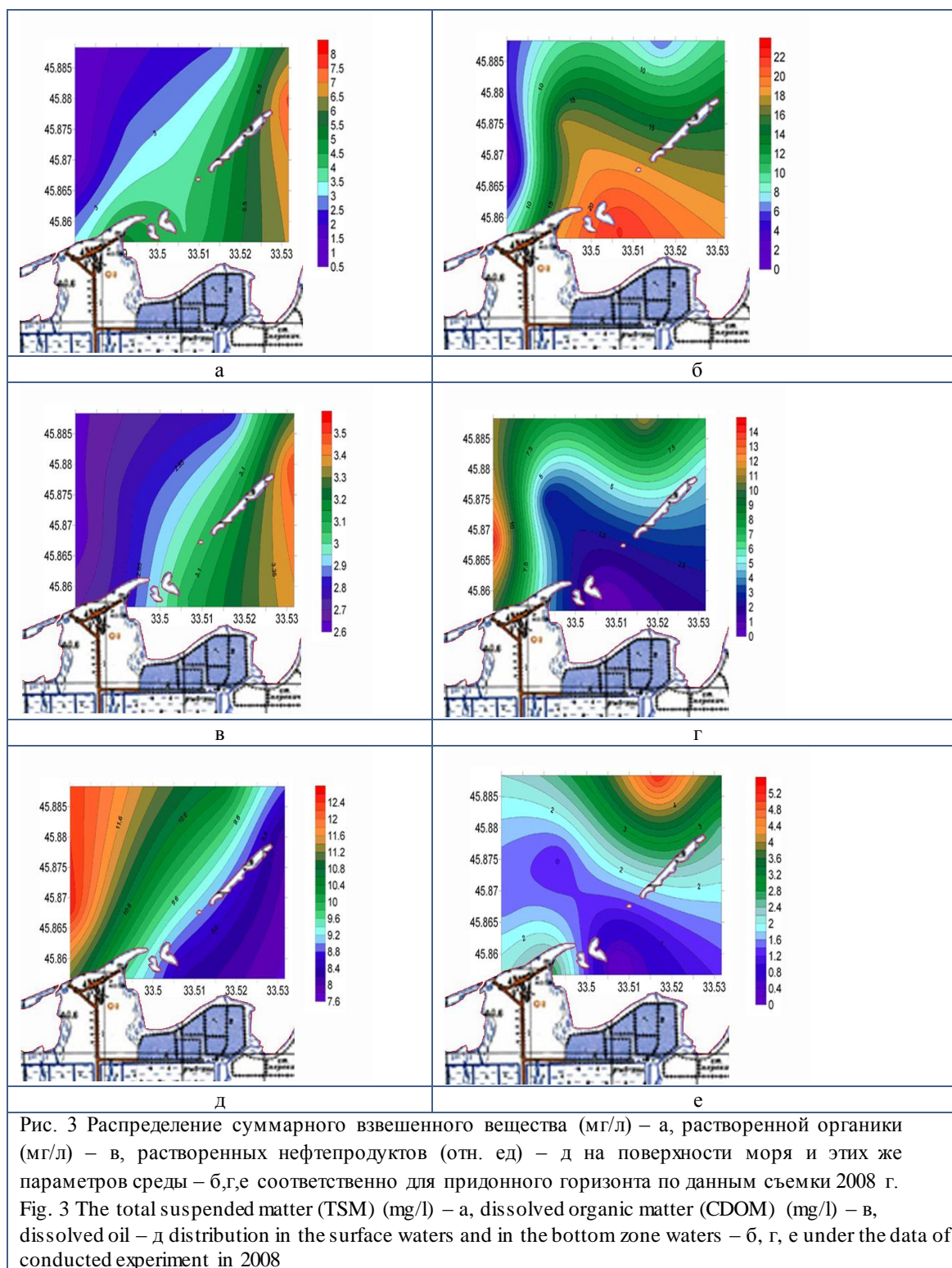
На поверхности моря участок полигона с повышенным содержанием растворённых нефтепродуктов имел вид меридионально ори-

ентированной полосы с максимальной концентрацией от 1.5 до 1.65 относительных единиц в отдельных отчетливо выраженных ядрах (рис. 2 д). Наблюдавшиеся в центре полигона максимумы концентрации этого загрязнителя среды явно не были связаны с берегом. Скорее всего, их присутствие на полигоне было обусловлено влиянием адвективных факторов.

Местные возможные береговые источники нефтепродуктов в прибрежных водах (причал рыболовецких судов, а также небольшой элинг на берегу) представляются существенно менее значимыми факторами загрязнения водной среды по сравнению с адвекцией загрязнителей морскими течениями со смежных морских акваторий. Так, аналогичные экспериментальные исследования, проведённые нами в портах и бухтах крымского побережья [1], показали, что даже активно эксплуатируемые в течение длительных интервалов времени причальные линии незначительно, лишь на 2 – 3 %, повышают фоновую концентрацию растворённых нефтепродуктов в узкой полосе окружающих их вод.

У дна поле растворённых нефтепродуктов отличалось иными качественными признаками. Здесь, в северной части полигона, обнаружен не связанный с берегом локальный максимум со значением концентрации выше, чем на поверхности моря, –  $1.96$  отн. ед., что почти в 2 раза больше условной нормы (рис. 2 е). Это явление мы также объясняем адвективными процессами.

Ниже (рис. 3) для сравнения представлен анализ распределения тех же загрязняющих веществ на акватории заповедника Лебяжьи острова годом позже, по результатам летней съёмки 2008 г. Основное отличие гидрофизических условий, при которых выполнялось исследование полей загрязнителей в ходе данной съёмки, – наличие вдольберегового течения, направленного на восток.



Видно, что на поверхности моря максимум содержания суммарной взвеси 10 мг/л, как и по результатам предшествовавшей съемки, был локализованным в озере, находящимся Морський екологічний журнал, № 1, Т. X. 2011

на косе, ограничивающей Сары-Булатский лиман и на прилегающих к косе участках этого лимана (рис. 3 а). В придонном слое летом 2008 г. концентрация суммарного взвешенного

вещества на порядок превышала его концентрацию, зафиксированную летом 2007-го (24 – 25 мг л<sup>-1</sup>, что в 125 раз выше условной нормы). Максимум этой характеристики обнаружен на акватории Сары-Булатского лимана (рис. 3 б).

Для лета 2008 г. характерным было повсеместно заметное повышенное содержание растворённого органического вещества с качественно иным характером его распределения по сравнению с предыдущей ситуацией. На поверхности максимум концентрации 3,8 мг л<sup>-1</sup> наблюдался в озере и примыкающих к нему участках (рис. 3 в). В придонном слое в юго-западной части полигона концентрация этого параметра достигала 14 – 15 мг/л, что в 7 – 7,5 раз больше условной нормы. Возможно, что этот экстремум определяется поступлением в открытую часть полигона вод из Андреевского лимана и смежной части морской акватории (рис. 3 г).

В 2008 г. практически по всей акватории полигона обнаружено существенное повышение концентрации растворённых нефтепродуктов. На поверхности в западной части полигона она выросла практически на порядок – до 14 отн. ед. (в 14 раз выше условной нормы) (рис. 3 д), на юго-западном и северо-восточном участках – в три раза, до 6 отн. ед. (в 6 раз выше условной нормы) (рис. 3 е).

Отметим, что столь высокое содержание растворённых нефтепродуктов в прибрежных водах Крыма зафиксировано нами лишь на морских акваториях у промышленных восточных областей полуострова (Керченский пролив и Феодосийский залив [1]), которые подвержены мощному антропогенному прессу.

Как видно, в целом ситуация с загрязнением вод по рассмотренным параметрам среды у заповедника Лебяжьего острова за время с августа 2007 по июль 2008 гг. заметно ухудшилась. Если концентрация суммарного взвешенного в воде вещества, которая, вероятно, обусловлена природным фактором загрязнения (жизнедеятельностью сконцентрированной птицы) сохранялась высокой и не претер-

пела существенных изменений от съёмки к съёмке, то содержание растворённого органического вещества и нефтепродуктов (загрязнители антропогенного происхождения) резко возросло.

Анализ результатов описанных выше съёмок позволяет утверждать, что воды у орнитологического заповедника Лебяжьего острова отличаются высоким содержанием суммарного взвешенного вещества, источник которого связан с жизнедеятельностью сконцентрированной птицы. Здесь нет значимых береговых источников, загрязняющих водную среду нефтепродуктами и антропогенными органическими веществами. Прилегающие к заповеднику более масштабные акватории Каркинитского залива загрязнены растворёнными нефтепродуктами и органическим веществом искусственного происхождения. Эпизодическая адвекция этих вод на исследуемую заповедную акваторию приводит к резким колебаниям показателей состояния её экосистемы.

Результаты выполненных работ свидетельствуют о необходимости дальнейшего проведения экспериментальных океанологических исследований в данном районе Чёрного моря с охватом более обширной акватории и широкого комплекса параметров среды. В первую очередь, это касается исследования динамики вод, полей основных гидрохимических элементов, загрязнителей в водной толще и в грунте.

**Выводы. 1.** За время с августа 2007 по июль 2008 гг. отмечено резкое ухудшение экологических показателей водной среды у заповедника Лебяжьего острова. Если концентрация суммарного взвешенного в воде вещества, которая обусловлена природным фактором, сохранялась высокой и несущественно изменилась, то содержание растворённого органического вещества и нефтепродуктов (загрязнители антропогенного происхождения) резко возросло. **2.** На суше в исследуемом регионе нет значимых источников, способных загрязнять водную среду нефтепродуктами и антропоген-

ными органическими веществами, а основной источник загрязнения акватории – проникновение вод из смежных областей Каркинитского

залива. Адвекция этих вод на исследуемую заповедную акваторию приводит к резким колебаниям показателей состояния её экосистемы.

1. Ломакин П. Д., Чепыженко А. И., Чепыженко А. А. Оценка концентрации растворенных нефтепродуктов в прибрежных водах Крыма на основе данных оптических измерений // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. ЭКОСИ-Гидрофизика, Севастополь, 2006. – Вып.14. – С. 245 – 258.
2. Хайлов К. М. Экологический метаболизм в море. – Киев: Наук. думка, 1971. – 250 с.
3. Chepyzhenko A. I., Haltrin V. I. Laboratory and flow-through optical spectral probes to measure water quality and content. // Ocean Remote Sensing and Applications: Proc. SPIE. – 2002. – 4892 (2003). – P. 482 – 488.
4. Clark D. K. MODIS. Algorithm Theoretical Basis Document, Bio-Optical Algorithms, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite Service, Washington, D.C. 20233, Version 1.2.
5. Fargion G. S., Mueller J.L. Ocean Optics Protocols For Satellite Ocean Color Sensor Validation. // San Diego, California, NASA, 2000.

Поступила 05 июля 2010 г.

После доработки 01 декабря 2010 г.

**Гідрофізичні умови і характеристика забруднення прибережних вод в районі орнітологічного заповідника Лебедячі острови (Каркінітська затока, Чорне море) в літній сезон.** П. Д. Ломакін, Н. І. Чекменьова, Г. О. Чепиженко. На основі даних трьох експедицій, проведених фахівцями Інституту біології південних морів НАН України і Морського гідрофізичного інституту НАН України в серпні 2005 р., у серпні 2007 р. і в липні 2008 р. розглянуті особливості гідрофізичних умов біля орнітологічного заповідника Лебедячі острови (прибережні води Каркінітської затоки, Чорне море). Вперше проведена оцінки забруднення досліджуваної акваторії розчищеною органічною речовиною штучного походження і розчинених нафтопродуктів. Визначено джерела і шляхи поширення сумарного значення концентрації суспензії і забруднюючих речовин.

**Ключові слова:** Лебедячі острови, Чорне море, загальна зважена речовина, розчинене органічна речовина, розчинені нафтопродукти, шляхи поширення, забруднення.

**Hydrophysical conditions and the coastal waters' pollution characteristics in the area of ornithological reserve the Swan Islands (the Karkinitzky Gulf, the Black Sea) during the summer season.** P. D. Lomakin, N. I. Chekmenyova, A. A. Chepyzhenko. On the data of three conducted experiments realized on the base of IBSS (Institute of biology of southern seas of the National Academy of Science of Ukraine) and MHI (Marine hydrophysical institute of the National Academy of Science of Ukraine) in August 2005, in August 2007 and in July 2008 the features of hydrophysical conditions at ornithological reserve the Swan islands (coastal waters of the Karkinitzky gulf, the Black sea) were considered. Estimations of the studied water areas' pollution by the CDOM of an anthropogenic nature and dissolved oil were made for the first time. Concentrations, sources and propagation paths of total suspended matter (TSM) and pollutants were determined.

**Key words:** The Swan islands, the Black Sea, total suspended matter (TSM), dissolved organic matter (CDOM), dissolved oil, distribution paths, pollution.