

УДК 551.46.09:504.42.054

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЗАТОНУВШИХ ОБЪЕКТОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ ИХ СРЕДЫ В ЧЕРНОМ МОРЕ

Лискин В.А., Пронин А.А., Руссак Ю.С.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: nrk@ocean.ru

В связи с необходимостью отслеживания экологической ситуации в Черном море следует проводить мониторинг состояния затопленных потенциально опасных объектов, посредством организации экспедиций по поиску и обследованию названных объектов в соответствующих акваториях. Целью проводимых исследований и работ являлось уточнение местоположения и оценка состояния затопленных объектов, а именно – мест затопления судов и захоронения боеприпасов в российском секторе Черного моря. В Черноморском бассейне регулярно проводились обследования районов затопления взрывчатых веществ. При этом уровни химических загрязнений придонных отложений не выходили за критические значения. Также, в обследованных регионах российского побережья Черного моря, в придонных и поверхностных водах не было выявлено признаков загрязнения от возможных затоплений химического оружия также не было обнаружено. Отметим только, что загрязнение морской среды нефтепродуктами, выявлено в пределах допустимых норм. Содержание мышьяка в донных глубоководных отложениях несколько превышает фон валового содержания мышьяка. Кроме того, одним из основных видов потенциально опасных объектов в Черном море являются взрывоопасные объекты. К таким объектам относятся пять районов свалок взрывчатых веществ, затопленные в послевоенное время, а также, затопленные в ходе боевых действий, суда и корабли с боезапасами. Определенные экологические проблемы представляют затопленные с нефтепродуктами и нефтью суда и корабли. В этой связи, основным направлением исследований, было принято обследование с помощью геофизической и гидрофизической аппаратуры районов нахождения таких объектов. В результате было осуществлено уточнение местоположения объектов, а также контроль гидрологических параметров водной среды в районах обнаружения объектов, отбор и анализ в ходе экспедиции проб воды на наличие химических загрязнений в этих районах.

Ключевые слова: водная среда, затопленные объекты, гидрологические параметры, экологические исследования, мониторинг

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИО РАН по теме № FMWE-2024-24.

RESEARCH OF THE CONDITION OF SUNKEN OBJECTS AND ECOLOGICAL MONITORING OF THEIR ENVIRONMENT IN THE BLACK SEA

Liskin V.A., Pronin A.A., Russak Yu.S.

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science, Moscow, e-mail: nrk@ocean.ru

In connection with the need to monitor the environmental situation in the Black Sea, it is necessary to monitor the state of flooded potentially hazardous objects by organizing expeditions to search for and examine these objects in the relevant water areas. The purpose of the ongoing research and work was to clarify the location and assess the condition of the flooded objects, namely, the places of flooding of ships and the disposal of ammunition in the Russian sector of the Black Sea. In the Black Sea basin, surveys of areas where explosives were flooded were regularly conducted. At the same time, the levels of chemical pollution of bottom sediments did not go beyond critical values. In addition, in the surveyed regions of the Russian Black Sea coast, no pollution was detected in the bottom and surface waters. There were also no signs of contamination from possible flooding of chemical weapons. We only note that the pollution of the marine environment with oil products was found to be within acceptable limits. The content of arsenic in bottom deep-sea sediments somewhat exceeds the background of the total content of arsenic. In addition, one of the main types of potentially dangerous objects in the Black Sea are explosive objects. Such objects include five areas of explosives dumps flooded in the post-war period, as well as ships and ships with ammunition flooded during hostilities. Certain environmental problems are represented by vessels and ships flooded with oil products and oil. In this regard, the main direction of research was the survey with the help of geophysical and hydrophysical equipment of the areas where such objects are located. As a result, the location of the objects was clarified, as well as the control of the hydrological parameters of the aquatic environment in the areas of detection of objects, the selection and analysis of water samples.

Keywords: aquatic environment, flooded objects, hydrological parameters, environmental studies, monitoring

The work was carried out within the framework of the State assignment of the Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences on topic № FMWE-2024-24.

Основным видом подводных потенциально опасных объектов в Черном море являются взрывоопасные объекты. После Второй Мировой войны проводилось зато-

пление значительных массивов взрывчатых веществ (известны пять районов крупных затоплений взрывчатых веществ). Кроме того, затоплялись отдельные взрывоо-

пасные предметы, а также были затоплены, в ходе боевых столкновений, корабли и суда с боеприпасами. Также, представляют определенную опасность для экологического состояния вод кораблей и судов, затонувшие с нефтепродуктами и нефтью и на борту. Обследования мест затопления взрывчатых веществ, ранее проводившиеся в российском секторе Черного моря, не выявили значительного влияния этих веществ на поверхностные и придонные воды, а также на уровни химического загрязнения придонных отложений. Кроме того, в обследованных районах не было обнаружено признаков нахождения химического оружия. Отмечено очень небольшое загрязнение прибрежной морской среды нефтепродуктами, которое не превышало допустимых концентраций. С другой стороны, в глубоководных донных отложениях исследованных районов, отмечено превышение фона валового содержания мышьяка. Кроме того, ввиду отсутствия точных данных по местам возможного захоронения боеприпасов и захоронений химического оружия, существует вероятность того, что в будущем, возможен выход в морскую среду отравляющих веществ и перенос их вдоль всего побережья течениями. Все это вызывает настоятельную необходимость регулярного ведения экологического мониторинга состояния затонувших объектов с нефтепродуктами, химическими, а возможно и взрывчатыми веществами. Институтом Океанологии РАН, совместно с МЧС России ранее проводились работы по обследованию объектов, сведения о которых содержатся в Реестре объектов. Также было проведено обследование районов, предполагаемых комплексных захоронений боеприпасов вблизи российского побережья Черного моря. Кроме того, выполнены исследования экологического состояния морской среды в районе затопления, в сентябре 1986 г., пассажирского теплохода «Адмирал Нахимов». На основании проводившихся исследований, был сделан вывод, о достаточно удовлетворительной экологической обстановке в обследованных районах [1, 2].

Целью проводимого исследования и работ являлось уточнение местоположения и оценка состояния подводных потенциально опасных объектов, а именно – мест захоронения боеприпасов и затопления судов в российском секторе Черного моря на настоящее время.

Материал и методы исследования

Был проведен поиск дополнительно к объектам, включенным в Реестр объектов, а также обследование района мыса Сочи-

Бытх, где предположительно затоплено военное судно времен Второй Мировой войны и три парусных военных судна. Кроме того, был проведен поиск и обследование района мыса Панагия, где находятся суда, затонувшие при проведении Эльтигентского десанта, и предположительно ряд археологических объектов.

В связи с необходимостью отслеживания экологической ситуации в Черном море, необходим мониторинг состояния затопленных подводных потенциально опасных объектов, что осуществляется путем проведения экспедиций по поиску и обследованию названных объектов в соответствующих акваториях.

Основным содержанием исследований являлось:

- поиск и обследование районов нахождения затопленных объектов с использованием геофизической аппаратуры на предмет уточнения местоположения объектов;
- измерение гидрологических параметров водной среды в районах нахождения объектов;
- отбор в районах и анализ в ходе экспедиции проб воды на наличие химических загрязнений и отравляющих веществ;
- отбор в районах проб донного грунта с последующим анализом в стационарных условиях на наличие химических загрязнений и отравляющих веществ;
- осмотр затонувших объектов с помощью средств визуализации;
- обработка и анализ полученных данных, подготовка отчета о проведенной работе.

Работа по обследованию выполнялась в два этапа.

На первом этапе проводилась подготовка к экспедиционным работам. Велись предварительные исследования существа проблемы, разработка методик исследований, разработка и создание материально-технической базы экспедиционных работ, велись испытания водолазно-технических комплексов подводных работ. Проводился сбор и анализ данных о загрязнителях и синтез реактивов, разработка программы и последовательности ведения работ, модернизация специального программного обеспечения, а также разработка мероприятий по безопасности экспедиционных работ. На втором этапе осуществлялось проведение экспедиционных работ по существу проблемы, а далее проводился предварительный анализ и обработка полученных материалов.

Было разработано программно-методическое и техническое обеспечение экспедиционных работ, выполнена подготовка технических средств для проведения экспе-

диции, разработана программа подготовки и проведения работ (в которой приводятся районы работ и их координаты) и методики исследований. Экспедиционные работы по поиску и обследованию затопленных объектов проводились с помощью судов Института океанологии. Поиск затопленных объектов, находящихся в узких заливах (бухтах) или на мелководье, а также обследование их в акваториях, куда судно не может подойти, проводились с помощью вспомогательных плав-средств – катеров и моторных лодок. Названные работы велись с использованием навигационной и геофизической аппаратуры, в числе которой следует отметить – гидролокаторы бокового обзора, акустические профилографы, спутниковые навигационные системы. Поиск велся на галсах, ориентированных в меридиональном либо широтном направлении, с последующей стыковкой вновь обследуемых площадей. Кроме того, учитывались метеоусловия в районе на момент работы, и, в соответствии с этим, осуществлялся выбор направления галсов, для каждой конкретной съемки. В процессе поиска, обнаружения и ведения съемки мест расположения выявленных объектов, их координаты оперативно фиксировались оператором. После завершения основной съемки, специальными программно-аппаратными средствами проводилась идентификация обнаруженных объектов и уточнение их координат в местах обнаружения. В дополнение проводилась вспомогательная съемка на голосах, пересекающих основной маршрут съемки. С целью определения гидрологической обстановки в районе поиска объектов попутно велись измерения скорости и направления течений методом STD-зондирования.

Следует отметить, что если по результатам проведенной геофизической съемки, было невозможно определить обнаруженные объекты в качестве объектов техногенного происхождения и, следовательно, эти объекты не могли бы быть оперативно идентифицированы как искомые, то велись дополнительные работы по отбору проб донного грунта и придонных вод. После этого, на борту судна, проводился экспресс анализ проб на наличие отравляющих веществ и химических загрязнителей. Для последующего лабораторного анализа на берегу проводилась консервация взятых образцов донного грунта. Если результаты обследований посредством геофизической аппаратуры, показывали наличие объектов техногенного характера и которые могли являться искомыми объектами, то проводились дополнительные поисковые работы и до-

полнительное обследование каждого объекта с использованием, телеуправляемых подводных аппаратов (ТПА), средств видеотехники и привязных видеокамер. Обследование объектов средствами видеотехники проводилось после постановки обеспечивающего судна на якорь в непосредственной близости от обнаруженного объекта. После визуального контакта с объектом, оператор ТПА производил его обследование, идентификацию и видеосъемку [3-5].

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с разработанной программой исследований: «Химическое обследование подводных потенциально опасных объектов в Российском секторе Черного моря», была проведена подготовка научной аппаратуры, вспомогательных материалов и необходимых документов для экспедиции. Выполнена отработка и апробация методик проведения химического анализа, подготовка оборудования, анализ информации о состоянии химического загрязнения в обследуемом районе, а также очистка растворяющих и получение (синтез) реагентов для химического анализа. Проведены работы по подготовке к отбору и анализу в ходе экспедиции проб воды на наличие иприта, люизита и продуктов его гидролиза, фенолов, хлорорганических пестицидов, восстановленных форм серы, мышьяка и массового содержания нефтепродуктов. Были подготовлены и опробованы технические средства для взятия проб донного грунта обследуемых районах, с последующим анализом в стационарных условиях, на наличие загрязнений тяжелыми металлами, компонентами химического оружия, нефтепродуктами, хлорорганическими пестицидами и фенолами, восстановленными формами серы. Отбор проб воды и донного грунта производился станциями несущего судна на затонувших объектах или в непосредственной близости от них. При работе на станциях последовательно отбирались пробы воды и донного грунта с использованием геологического оборудования. Затем на судне осуществлялся экспресс анализ проб на химическое загрязнение, наличие отравляющих веществ и далее консервация проб для последующего анализа в лабораторных условиях. При проведении заборных работ велось непрерывное измерение глубин судовым эхолотом, а навигационная привязка обеспечивалась дифференциальной системой космической навигации DGPS.

Была осуществлена модернизация специальных программ обработки получаемых

данных, а также обработки навигационной и геофизической информации о подводных потенциально опасных объектах, проведены работы по модернизации специального программного обеспечения для работы в операционных системах ряда Windows. Достигнуто повышение эффективности и точности получения навигационной и геофизической информации об исследуемых объектах в привязке к единому времени и координатам.

Модернизированное программное обеспечение позволяет:

- обеспечивать возможность построения гидролокационных картин участка дна («мозаик») заданной площади, которые в дальнейшем можно использовать для работы в стандартных программах типа Photoshop, Corel Draw и т.п.

- обеспечивать представление первичных данных профилографа непрерывного зондирования, в виде полутонного изображения на твердом бумажном носителе либо на экране монитора компьютера.

- проводить обработку в сжатые сроки и обеспечивать хранение и вывод данных на твердый носитель, а также копирование их на другие типы носителей информации.

Кроме того, программное обеспечение было разработано таким образом, что получаемые файлы данных должны содержать информацию, позволяющую строго и однозначно привязывать её к координатам и к единому времени, при этом используются стандартные операционные системы ряда Windows. В результате, разработанные спе-

циальные программы позволяют оперативно проводить обработку и анализ собранных в Черном море геофизических и навигационных данных.

В соответствии с программой исследований «Локализация и обследование подводных потенциально опасных объектов в прибрежной зоне Российского сектора Черного моря», выполнена разработка программы и согласование районов работ, у мыса «Сочи-Бытх» и мыса «Панагия», проведена подготовка судового и научного оборудования и его предварительные испытания. Разработана и создана материально-техническая база экспедиционных работ, испытаны водолазно-технические комплексы подводных работ.

Предварительно были определены районы работ. Работы проводились на трех полигонах в форме прямоугольников с координатами вершин, приведенных ниже в таблице 1.

Основными задачами работ на данном этапе являлось:

- обследование районов предполагаемого местонахождения затонувших судов с использованием геофизической аппаратуры;

- обследование обнаруженных объектов – затонувших судов на предмет локализации объектов;

- визуальное обследование для оценки состояния объектов с помощью видеосистем телеуправляемых подводных аппаратов;

- подводно-технические водолазные работы для визуальной идентификации и обследования объектов;

Таблица 1

Координаты полигонов локализации и обследования потенциально опасных объектов

Полигон	Номера угловых точек	Координаты	
		Широта СШ, г.мм	Долгота ВД, г.мм
Полигон № 1 (мыс Сочи-Бытх)	С 1	43°37'N	39°39'E
	С 2	43°32'N	39°45'E
	С 3	43°31'N	39°44'E
	С 4	43°36'N	39°37'.7 E
Полигон № 2 (п. Головинка)	Г 1	43°48'N	39°25'E
	Г 2	43°42'N	39°33'E
	Г 3	43°41'N	39°32'E
	Г 4	43°48'N	39°23'E
Полигон № 3 (мыс Панагия-мыс Тузла)	Т 1	45°11N	36°35'E
	Т 2	45°07'N	36°38'E
	Т 3	45°06'N	36°35'E
	Т 4	45°11'N	36°33'E

Таблица 2

Координаты водолазных спусков

№ ППОО	Координаты (гг.мм.сс)		№ ППОО	Координаты (гг.мм.сс)	
	Широта	Долгота		Широта	Долгота
26	44°34' с.ш.	36°45' в.д.	бн	44°37' с.ш.	37°47' в.д.
			39	44°57' с.ш.	36°47' в.д.

- составление схем расположения и таблиц с координатами обследованных затонувших судов и объектов;

- представление (по запросу) местным историко-архивным государственным органам информации об объектах, предположительно относящихся к историко-культурным памятникам, обнаруженных в ходе работ по локализации объектов;

- обработка и анализ полученных данных, подготовка отчета о проведенных работах.

В дальнейшем предполагается продолжение проведения работ по определению состояния и оценки возможного, негативно воздействующего, затонувшего пассажирского теплохода «Адмирал Нахимов» на экологическое состояние морской среды и дна. По некоторым оценкам, в танках теплохода осталось около 300 тонн мазута. Поэтому, обследование состояния, затонувшего в порту Новороссийск теплохода, является актуальным. Возможные работы будут выполняться в основном в зоне ответственности Администрации Новороссийского морского порта. Координаты 3-х основных точек водолазных спусков приведены в таблице 2 [6-8].

Заключение

В результате проведенных исследований уточнены места положения потенциально опасных объектов, получены видеоматериалы с изображением объектов и их фрагментов, оценено их состояние, проведена идентификация объектов, предположительно относящихся к историко-культурным памятникам, выработаны предложения по проведению дальнейших работ по локализации и обследованию таких объектов.

Одним из итогов проведенных работ являлась разработка документа: «Программа подготовки и проведения работ по обследованию подводных потенциально опасных объектов в Черном море». Создана материально-техническая база экспедиционных работ. Испытаны водолазно-технические средства подводных работ. Научное оборудо-

вание и суда подготовлены к дальнейшим проведениям экспедиций в Черном море.

Определены методические подходы работ, выполняемых с водолазных плавсредств:

- водолазные спуски с целью визуального осмотра и идентификации, затонувших судов и техногенных объектов;

- видеосъемка фрагментов, затонувших судов и техногенных объектов;

- прицельный отбор проб воды и донного грунта вблизи и непосредственно на поверхности затонувших судов и техногенных объектов.

Список литературы

1. Кловиткин А.Н., Островский А.Г., Лисицын А.П., Коновалов С.К. Энергетический спектр скорости течения в глубокой части Черного моря // Доклады Академии наук. 2019. Т. 488. № 5. С. 103-107.
2. Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А., Анисимов И.М. Технология геолого-геоморфологических инструментальных исследований на западном шельфе полуострова Крым // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 6. С. 33-39.
3. Falina A., Sarafanov A., Ozsoy E., Turuncoglu U. Observed basinwide propagation of Mediterranean water in the Black Sea // J. Geoph. Res.: Oceans. 2017. Vol. 22. № 4. P.1-13. DOI: 10.1002/2017JC012729.
4. Очередник В.В., Зацепин А.Г., Куклев С.Б., Баранов В.И., Машура В.В. Примеры подходов к исследованию температурной изменчивости вод шельфа Черного моря при помощи кластера термокос // Океанология. 2020. Т. 60. № 2. С. 173–185.
5. Бондур В.Г., Воробьев В.Е., Замшин В.В. Мониторинг антропогенных воздействий на прибрежные акватории Черного моря по многоспектральным космическим изображениям // Исследование Земли из космоса. 2017. № 6. С. 3-22.
6. Химченко Е.Е., Серебряный А.Н. Внутренние волны на кавказском и крымском шельфах Черного моря (по летне-осенним наблюдениям 2011–2016 гг.) // Океанологические исследования. 2018. Т.46. № 2. С.69–87.
7. Морозов А.Н., Лемешко Е.М., Шутов С.А., Зима В.В., Дерюшкин Д.В. Структура течений в Черном море по результатам наблюдений LADCP в 2004-2014 гг. // Морской гидрофизический журнал. 2017. № 1. С. 27–42.
8. Serebryany A., Khimchenko E., Popov O., Denisov D., Kenigsberger G. Internal Waves Study on Narrow Steep Shelf of the Black Sea Using Spatial Antenna of Line Temperature Sensors // Journal of Marine Science and Engineering. 2020. V. 8. № 11. P. 883.