

УДК [502.51:628.472.7](261.24)

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТОВ, СВЯЗАННЫХ С ИССЛЕДОВАНИЕМ ПРОБЛЕМЫ ЗАТОПЛЕННОГО НА БАЛТИКЕ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

В.Т. Пака

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, vpaка@mail.ru

Представлен обзор исследований по проблеме затопленного на Балтике химического оружия, проведенных в рамках международных проектов с российским участием в период с 2005 по 2017 г. Раскрываются цели и задачи проектов, методы и средства натурных исследований и их развитие, роли организаций-партнеров. Приведены основные результаты проектов, в том числе полученные российскими участниками. Выявляются наиболее перспективные пути решения проблемы.

Ключевые слова: Балтийское море, затопленное химическое оружие, отравляющие вещества, международная кооперация.

THE MAIN RESULTS OF INTERNATIONAL PROJECTS RELATED TO THE STUDY OF THE PROBLEM OF CHEMICAL WEAPONS DUMPED IN THE BALTIC SEA

V.T. Paka

P.P. Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences

A review of research on the problem of chemical weapons dumped in the Baltic, conducted in the framework of international projects with Russian participation in the period from 2005 to 2017 is presented. The goals and objectives of the projects, methods and tools of field studies and their development, the role of partner organizations, interaction with the Helsinki Commission for the Protection of the Environment of the Baltic Sea are considered. The most promising ways of solving the problem are identified. The main results of the projects are analyzed, including the ones received by Russian participants.

Keywords: Baltic Sea, sea-dumped chemical weapons, warfare gases, international cooperation.

Введение

После Второй мировой войны в морях и океанах оказались сотни тысяч тонн затопленного химического оружия (ХО) и других опасных материалов [13]. Риски, связанные с их присутствием, десятилетиями недооценивались. После многих десятилетий пребывания в море большинство оболочек ХО было повреждено коррозией, и в морскую экосистему начали поступать токсичные продукты. В настоящее время эта проблема приобрела важное значение в свете интенсивного развития рыболовства, морехозяйства, рекреации, получения энергии, добычи нефти и газа и т. д., и в частности в Балтийском море.

Достоверно известно [4, 5], что в Балтийском море затоплено трофейное ХО из советской зоны оккупации. Оружие из оккупационных зон союзников затоплено за пределами Балтики (в проливе Скагеррак).

Определение точного расположения опасных объектов, рассеянных по большим площадям борнхольмской и готландской свалок, и степени коррозии оболочек

и разложения ОВ, а также оценка ареалов и степени загрязненности донных отложений токсичными материалами, выносимыми течениями за пределы первичных захоронений, — чрезвычайно сложные задачи. Россия была первой страной, начавшей систематические исследования районов затопления силами организаций, подведомственных Министерству природных ресурсов (МПР), Министерству по чрезвычайным ситуациям (МЧС), Росгидромету и Российской академии наук (РАН). Интенсивные исследования продолжались около 10 лет начиная с середины 1990-х годов [1, 7]. Международный характер эти исследования приобрели в 2005 г., когда Еврокомиссия поддержала проект MERCW [14], в котором участвовали несколько российских организаций. После его завершения российское участие сильно сократилось, но возросла активность стран Балтийского региона.

Поскольку и в настоящее время проблема присутствия ХО в Балтийском море остается недостаточно изученной и актуальной для России, представляется важной задачей изучить опыт европейских специалистов и результаты их исследований в последнее десятилетие. Все это время сотрудничество с европейскими коллегами продолжало Атлантическое отделение Института океанологии (ИО) РАН, что дает возможность обрисовать достижения и нерешенные задачи достаточно подробно и достоверно.

Международные проекты и их задачи

Проект MERCW, Modelling of Environmental Risks related to sea-dumped Chemical Weapons, (Моделирование экологических рисков, обусловленных затопленным химическим оружием) [14], финансировавшийся в рамках 6-й Рамочной программы Евросоюза, объединил усилия специалистов из Финляндии, Бельгии, России, Германии и Дании. Доступ к опубликованным результатам предшествовавших российских исследований [1, 7] и непосредственное участие российских специалистов в проекте MERCW позволили международной команде работать рационально и эффективно. В связи с опубликованным в 2005 г. планом строительства газопровода Норд Стрим проблема затопленного ХО привлекла пристальный интерес противников прокладки газовой трубы, обосновательно объявлявших проект экологически опасным. В период обоснования проекта Норд Стрим было проведено обследование трассы трубопровода с оценкой загрязнений донных отложений химическими веществами, поиском и идентификацией потенциально опасных предметов. По результатам обследования было выполнено обоснование экологической безопасности проекта. Результаты исследований попали в поле зрения ХЕЛКОМ, что привело к решению о возобновлении работы специальной международной экспертной группы по ХО, завершившей свою работу в 1995 г. [4], для оценки ситуации с учетом новых знаний [5]. Автор принимал участие в работе этой группы в качестве участника MERCW.

Проект CHEMSEA, Chemical Munitions Search and Assessment (Поиск и экспертиза химического оружия) [10], поддержанный Программой «Регионы Балтики», стартовал в 2011 г. Проект возглавила Польша, которая сохраняет роль лидера в европейском консорциуме до настоящего времени. В состав исполнителей вошло 11 организаций из Польши, Швеции, Финляндии, ФРГ и Литвы. Прямое участие России оказалось невозможным из-за неформальности отношений

с Программой «Регионы Балтики» и ограничилось консультациями и обсуждением результатов. В рамках проекта CHEMSEA в 2011—2014 гг. в Балтийском море были проведены комплексные исследования фоновых океанологических параметров, поиск подводных объектов гидролокатором бокового обзора (ГБО) и загрязненности донных отложений, в том числе с целью идентификации обнаруженных объектов. Результаты CHEMSEA наряду с результатами MERCW были ассимилированы экспертной группой HELCOM MUNI [5] и облегчили организацию следующего крупного проекта MODUM.

Проект MODUM, Towards the Monitoring the Dumped Munitions Treat (На пути к мониторингу затопленного оружия) [3], выполнявшийся в 2014—2016 гг. и подержанный Программой НАТО «Наука ради мира и безопасности», имел целью разработать сеть мониторинга для наблюдения за местами захоронения боеприпасов с использованием исследовательских судов, автономных подводных аппаратов AUV и телеуправляемых аппаратов ROV. MODUM был ориентирован на развитие технологий натуральных исследований в большей степени, чем на проведение самих исследований. Россия, имевшая в период организации проекта достаточно тесное взаимодействие с НАТО, была представлена в проекте Атлантическим отделением ИОРАН на равных правах с другими участниками. В состав участников входило восемь стран Балтийского региона (Польша — лидер, Россия, Дания, Германия, Финляндия, Швеция, Литва, Эстония) и Канада, представленная организацией International Dialogue on Underwater Munitions, IDUM [12]. Результаты работ получили положительную оценку, что позволило организовать следующий проект.

Проект DAIMON, Decision Aid for Munitions Management (В помощь принятию решения по проблеме затопленных боеприпасов) [11], финансируемый Программой Interreg / Baltic Sea Region, стартовал в 2016 г. Странами-партнерами являются: Польша (лидер), Литва, Германия, Финляндия, Швеция, Норвегия и Канада. Взаимоотношения России с этой программой дали возможность Атлантическому отделению Института океанологии РАН (АО ИОРАН) участвовать в проекте только в качестве ассоциированного партнера Технологического университета Чалмерс, Швеция. Задача проекта — найти подходы для управления рисками для того, чтобы инстанции, принимающие решения по оздоровлению морской среды, могли оценивать риски и выбирать варианты действий для конкретных районов затопления ХО. Исследования планируется проводить проверенными методами, одновременно разрабатывая новые биологические и химические методы оценки риска.

Развитие методов и средств исследований по проблеме затопленного химического оружия

В период совместной работы российских и западных специалистов задача организации натуральных исследований лежала на ИОРАН. Использовались суда ИОРАН «Профессор Штокман» и «Шельф». Обеспечивались гидрофизические измерения, стандартный отбор проб и их анализ по схеме экологического мониторинга (тяжелые металлы, мышьяк, нефтепродукты, фенолы и т.д.). Используя валовый мышьяк как трассер, нами были указаны «горячие точки», где с максимальной

вероятностью имеются мышьяксодержащие отравляющие вещества (ОВ). Вблизи этих точек бельгийской командой был выполнен поиск возможных источников с помощью серийного высокоразрешающего сейсмического эхолота SES 2000 (Росток, ФРГ) и высокоразрешающего цезиевого многоканального буксируемого у дна магнетометра, разработанного компанией G-Тес, Брюссель [6]. В результате были обнаружены не только скопления, но и отдельные предметы в метровом диапазоне масштабов, обладающие магнитным полем, и определено их заглубление в толщу илов. Кроме бельгийской сейсмомагнитной съемки, также нами была проведена съемка высокочувствительным двухканальным буксируемым цезиевым магнетометром российского производства. Его чувствительности хватило, чтобы обнаружить скопления ферромагнитных предметов именно в районе «горячих точек». Затопленные суда ожидаемо дали большой сигнал, обнаруживающий их местоположение с дистанции около 100 м. Площадь высокоразрешающей сейсмомагнитной съемки охватила незначительную часть района затопления, но время проекта истекло, и работа по картированию затопленных объектов осталась незавершенной.

Вторым, не менее важным достижением MERCW было проведение количественного вещественного анализа проб воды и грунта и обнаружение в многочисленных пробах продуктов разложения ОВ. Эту задачу удалось решить финской группе из Института верификации отравляющих веществ Университета Хельсинки (VERIFIN), влившейся в проект в последний год работы. Работа выполнялась методами масс-спектрометрии, которым владели и российские химики, но они не имели эталонов искомым веществ. Как оказалось, продукты разложения мышьяксодержащих ОВ надежно обнаруживаются в очень малых концентрациях далеко за пределами района затопления, что свидетельствует о давно произошедшей разгерметизации ХО, которая, тем не менее, вопреки пессимистическим некомпетентным прогнозам не привела к сколь-либо тяжелым последствиям. Определялось 12 трассерных веществ, в том числе сернистый иприт, Адамсит, Кларк 1 и продукты их распада, Табун, хлорацетофенон.

Сначала были исследованы пробы донных отложений, специально отобранные в районе «горячих точек». Все пробы показали присутствие продуктов распада мышьяксодержащих ОВ; тем самым была установлена связь повышенных концентраций валового мышьяка с затопленным ХО. Затем в зоне затопления и за ее пределами было отобрано около 60 проб донных отложений, поровой воды и придонной воды. Ни в одной пробе материнских ОВ обнаружено не было. Продукты распада ОВ присутствовали в 52 из 59 проб донных отложений и только в четырех пробах поровых вод и отсутствовали во всех 60 пробах придонной воды.

Обнаружение обширного ареала выноса продуктов разложения ОВ подтвердило верность модельных расчетов переноса загрязненной пассивной примеси, выполненных российской командой [9] и использованной датской командой для оценки экологических рисков: риск был определен как незначительный [8].

В рамках проекта CHEMSEA [10] был подробно обследован самый большой по площади (1760 кв. км) Готландский район с использованием буксируемого гидроакустического сонара, в результате чего на карту было нанесено около 40 тыс. целей, которые были затем разделены на классы по вероятности отношения

к объектам ХО. Объекты высшего класса прошли процедуру идентификации с помощью подводной видеокамеры. Рядом с объектами отбирались пробы для химического анализа. Аналогичные действия были проведены в Борнхолмской и Гданьской впадинах и соединяющем их Слупском желобе. Из всех проб одна треть оказалась положительной, причем проб с производными сернистого иприта неожиданно оказалось почти столько же, сколько проб с производными мышьяк-содержащих ОБ. Очевидно, ранее при химическом анализе были пропущены важные маркерные вещества, образующиеся при последовательном разложении сернистого иприта.

Анализом проб занимались сразу три лаборатории: ветеран MERCW, Норд Стрим — VERIFIN, FOI (Шведское агентство оборонных научных исследований в Стокгольме) и MUT (Университет военных технологий в Варшаве). При этом число определяемых в пробах ОБ и продуктов их разложения было увеличено до трех десятков. В отчетах MERCW отмечалось, что иприт и его производные в пробах отсутствуют, и объяснялось это образованием сгустков, изолирующих большую часть массы от воздействия внешней среды. Оказалось, что гидролиз и окисление иприта все-таки происходят и некоторые продукты разложения покидают сгустки и связываются с эпизодически взмучивающимися и отлагающимися в новом месте донными отложениями.

Проект MODUM [3] перестроил систему мониторинга районов затопления ХО на современной технической основе, внедрив автономные (AUV) и дистанционно управляемые (ROV) аппараты в качестве носителей систем поиска. Был пополнен перечень трассерных веществ — продуктов деградации различных ОБ, что повышает надежность обнаружения присутствия ОБ и снижает вероятность ошибок при идентификации обследуемых объектов. Были развиты аппаратура и методика прицельного отбора проб как основа для идентификации обследуемых объектов. Эта задача была решена командой АО ИОРАН, которая разработала и внедрила оригинальный многоковшовый пробоотборник, позволяющий взять до шести проб из намеченных вблизи объекта точек за одно погружение [2, 3].

Кроме того, нами была модернизирована методика измерений мультипараметрическими зондами на протяженных разрезах [3]. Зондирование буксируемым зондом не гарантирует надежных данных для тонкого придонного слоя, очень важного на Балтике, так как в нем распространяются воды повышенной солёности и пониженного содержания кислорода и происходит взмучивание загрязнённых отложений. Вместо буксировки производились зондирования на близко расположенных дрейфовых станциях. При каждом погружении зонд достигал дна и выдерживался в придонном слое в течение 20—30 с, чтобы показания инерционных датчиков, в первую очередь датчика кислорода, оказались верными.

Упомянутые методические нововведения перешли в практику натуральных исследований по проекту DAIMON [11]. Часть задач проекта решалась в рейсе НИС «Академик Страхов» в июле 2017 г. В районе Слупского желоба с помощью оснащенного ГБО автономного аппарата AUV Iver2 польскими специалистами была выполнена детальная съёмка дна, продолжавшаяся всего три часа; в результате было обнаружено 19 объектов, пополнивших список целей для идентификации.

Выводы

Оценивая развитие методов исследования и мониторинга районов массового захоронения ХО в рамках международных проектов, следует отметить несомненные успехи по сравнению с предшествующим периодом слабой кооперации. Наибольший эффект имеет применение автономных подводных аппаратов с ГБО для обнаружения подводных объектов, а также введение в постоянную практику химических анализов вещественного состава загрязнений донных отложений, поровой и придонной воды отравляющими веществами и продуктами их распада. Очень важна возможность обнаружения подводных объектов в толще донных отложений с оценкой заглупления, достигнутая бельгийскими партнерами по проекту MERCW. Однако в последующих проектах Бельгия не участвовала, и развития по причине сложности и высокой стоимости оборудования эта методика не получила.

Освоенные к настоящему времени методы позволяют продвигаться в картировании подводных объектов и их идентификации, а также в определении ареалов распространения загрязнений, что необходимо для оценки экологических рисков и верификации моделей переноса загрязнений течениями. Однако если задача картирования объектов может быть решена относительно быстро, то задача идентификации объектов, даже лежащих на поверхности, находится в самой начальной стадии и требует больших усилий и времени для своего завершения. Российские специалисты, владеющие техникой прицельного отбора проб, могли бы ускорить решение задачи по идентификации объектов при условии, что они будут располагать: а) плавсредством для работы с кассетным пробоотборником, которое должно иметь систему динамического позиционирования, чтобы удерживаться над обследуемым объектом; б) возможностью определения ОВ и продуктов их гидролиза в получаемых пробах.

Пока остается открытой задача по определению состояния объектов, погребенных в толще ила. Без ее решения прогнозирование воздействия затопленного ХО на экосистему Балтики невозможно; это относится и ко всем другим районам массовых затоплений.

Международные проекты открыли путь для совместных действий, и этот подход представляется единственно перспективным для решения проблемы в полном объеме.

Работа выполнена в рамках Госзадания № 0149-2014-0016.

Список литературы

1. Пака В.Т. Затопленное химическое оружие: состояние проблемы // Российский химический журнал. 2004. Т. 48, № 2. С. 99—109.
2. Пака В.Т. и др. Патент на полезную модель №170497 «Пробоотборник донных отложений».
3. Beldowski J., et al. (eds.). Towards the Monitoring of Dumped Munitions Treat (MODUM). NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer, DOI 10.1007/978-94-024-1153-9_1. 240 p.
4. HELCOM, 1995. Final Report of the ad hoc Working Group on Dumped Chemical Munition (HELCOM CHEMU) to the 16th Meeting of the Helsinki Commission, 1995.

5. HELCOM, 2013. Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea. Report of the ad hoc Expert Group to Update and Review the Existing Information on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea (HELCOM MUNI) / Balt. Sea Environ. Proc., 142. 129 p.
6. *Missiaen T.*, et al. Evaluation of a chemical munition dumpsite in the Baltic Sea based on geophysical and chemical investigations // Science of the Total Environment. 2010. 408. P. 3536—3553.
7. *Paka V., Spiridonov M.* Research of dumped chemical weapons made by R/V «Professor Shtokman» in the Gotland, Bornholm & and Skagerrak dump sites. — Renard Centre of Marine Geology, University of Gent, Belgium, 2002. P. 27—42.
8. *Sanderson, H.*, et al. Environmental Hazards of Sea-Dumped Chemical Weapons, Environ. // Sci. Technol. 2010. 44. P. 4389—4394.
9. *Zhubas, V., Paka, V.* Dispersion of Passive Tracers in the Baltic Sea Deep Water as Applied to Dumped Chemical Weapons // Marine Technol. Soci. J. 46 (1). P. 37—50.
10. Chemical Munitions Search and Assessment (CHEMSEA) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chemsea.eu/admin/uploaded/CHEMSEA%20Findings.pdf>
11. Decision Aid for Munitions Management (DAIMON) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.daimonproject.com/partners.html>
12. International Dialogue on Underwater Munitions (IDUM) [Электронный ресурс]. URL: <http://underwatermunitions.org/>
13. James Martin Center for Nonproliferation Studies. Combating the spread of weapons of mass destruction with training & analysis, Monterey Institute of National Studies, 2016 [Электронный ресурс]. URL: http://cns.miiis.edu/stories/090806_cw_dumping.html
14. Modelling of Environmental Risks Related to Sea-Dumped Chemical Weapons (MERCW) [Электронный ресурс]. URL: http://cordis.europa.eu/project/rcn/74863_en.html