

## Подводная лодка К-27 — эхо прошлого

Л. И. Лобковский<sup>1</sup>, член-корреспондент РАН,

Н. Н. Дмитриевский<sup>2</sup>, кандидат технических наук, Р. А. Ананьев<sup>3</sup>

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

*Приведены и проанализированы материалы, полученные при акустическом зондировании корпуса атомной подводной лодки К-27, затопленной в 1981 г. в заливе Степового архипелага Новая Земля. Авторами обнаружены следы нарушения водной среды над поверхностью лодки, которые могут быть вызваны газовыми или тепловыми потоками, исходящими от корпуса лодки.*

**Ключевые слова:** затопление, радиационно опасный объект, отработавшее ядерное топливо, гидроакустическое зондирование, газовыделение со дна морей, тепловые потоки.

Практика затопления радиоактивных отходов в Мировом океане получила широкое распространение со второй половины 1940-х годов. Это было обусловлено появлением большого количества техногенных радиоактивных веществ, образующихся в результате эксплуатации промышленных ядерных реакторов, а также реакторов на судах военно-морского и ледокольного флота, отсутствием международных правовых норм и сравнительной дешевизной указанной процедуры по отношению к другим методам.

В [1; 2] указано, что вклад СССР/России в морское захоронение твердых радиоактивных отходов (ТРО) составляет примерно 50% суммарного затопления ТРО всеми зарубежными странами. При этом более 95% из них приходится на северо-западную часть Арктики — Карское море.

В последнее время наблюдается все возрастающее внимание к ядерной безопасности районов архипелага Новая Земля, заливы восточного побережья которого и являлись основными районами затопления. Также очевидно, что это вызвано грядущими нефтяными проектами на шельфе Карского моря [3]. Указанная активность является как бы фоном, на котором в присутствии президента России В. В. Путина руководители «Роснефти» и «Еххоп Mobil» публично сообщили о выборе компании, которая построит специализированную буровую платформу для трех российско-американских проектов в Карском море. Причем все работы будут осуществляться в самом тесном сотрудничестве с норвежской инженерной компанией «Kvaerner».

Всего в западной части Арктики аварийно затонули две и специально затоплена одна атомная подводная лодка (АПЛ) СССР/России. На дне находятся 5 реакторных отсеков с корабельными и судовыми

ядерными энергетическими установками с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и без него, 19 судов с ТРО, 755 конструкций и блоков ядерных энергетических установок, загрязненных радиоактивными веществами, без герметичной упаковки и примерно 17 тыс. контейнеров с ТРО [1; 2; 4].

Одним из наиболее часто упоминаемых объектов является атомная подводная лодка К-27 проекта 645, затопленная в 1981 г. у берегов Новой Земли в заливе Степового. Затопление подводной лодки во внутреннем Карском море, а именно в узком заливе Степового, должно было ограничить выход радионуклидов в открытую часть моря, а Новоземельская впадина, глубина которой составляет 300—400 м, окруженная со всех сторон мелководьем (50—100 м), должна была в течение всего времени выполнять функцию подводной ловушки для них [1].

К-27 — советская атомная подводная лодка, единственный корабль, построенный по проекту 645 с жидкометаллическим теплоносителем (ЖМТ) — сплавом свинца с висмутом. Лодка была заложена 15 июня 1958 г. с задачей ввести ее в строй в конце 1960 г. Однако установленные сроки не удалось соблюсти из-за высокой сложности технических решений, которые разработчики не успели реализовать. Лодка была спущена на воду 1 апреля 1962 г. и после окончания ходовых испытаний в 1963 г. была принята в состав ВМФ. 21 апреля 1964 г. она вышла в первый поход.

Во время двух боевых походов 1964 и 1965 гг. на лодке имели место несколько нештатных ситуаций, связанных с реакторной установкой. Материалы легкого и прочного корпусов в процессе эксплуатации показали себя плохо, легкий корпус подвергся растрескиванию после второго похода. Как выяснилось, маломагнитная сталь обладала низкой коррозионно-механической прочностью, что под действием морской воды приводило к развитию межкристаллической коррозии и образованию многочисленных трещин. В результате от использования

<sup>1</sup> e-mail: llobkovsky@ocean.ru.

<sup>2</sup> e-mail: nnd2008@rambler.ru.

<sup>3</sup> e-mail: corer@mail.ru.

маломагнитных сталей при строительстве подводных лодок отказались.

При подготовке к третьему боевому походу 24 мая 1968 г. на лодке произошла крупная радиационная авария с человеческими жертвами, результатом которой стало решение о выводе лодки из эксплуатации, расхолаживании реакторов и постановке лодки у пирса на базе «Гремиха».

В дальнейшем с поступлением на флот новых подводных лодок проекта 705, на которых были учтены выявленные технические недостатки, потребность в восстановлении К-27 отпала, и 1 февраля 1979 г. лодка была исключена из состава ВМФ, ее перестали содержать и обслуживать. Лодка постепенно разрушалась, и возникла опасность, что она затонет непосредственно у причала. Для поддержания плавучести четыре цистерны главного балласта пришлось наполнить вспененным полистиролом. Одновременно был предпринят ряд профилактических мер, направленных на предотвращение загрязнения окружающей среды.

В мае 1981 г. К-27 поставили в док северодвинского предприятия «Звездочка». Полости оборудования реакторного отсека и его трубопроводы были заполнены специальным составом (фурфуролом), который после затвердевания предотвращал вымывание и выход из реактора радиоактивных материалов, что предположительно должно было обеспечить недопустимость контакта воды с тепловыделяющими элементами на срок до 500 лет. Свободные объемы отсека и цистерну водно-свинцовой защиты заполнили битумом. Всего в отсек было залито около 270 т битума, который полностью закрыл реакторы. Этим, казалось бы, достигалось полное исключение попадания воды к загрязненному оборудованию и последующего загрязнения окружающей среды в месте затопления АПЛ. Эти мероприятия позволили довести уровни проникающего излучения на поверхности легкого корпуса до фоновых значений. Вскоре после проведения всех указанных выше мероприятий лодка была отбуксирована к архипелагу Новая Земля и 10 сентября 1981 г. затоплена на его восточной стороне в Карском море в бухте Степового на глубине порядка 33 м.

Однако исследования ГНЦ «Физико-энергетический институт им. А. И. Лейпунского» показали, что в течение 30—50 лет адгезия фурфуrolа с оболочкой тепловыделяющих элементов может нарушаться [1]. После этого при попадании в реактор всего нескольких литров воды не исключены возникновение локальной самопроизвольной цепной реакции и загрязнение окружающей среды продуктами деления. На основании указанных фактов, а также принимая во внимание, что в 2015—2020 гг. запланирована ликвидация единственного в России пункта выгрузки отработавшего ядерного топлива из АПЛ с жидкометаллическим теплоносителем, расположенного в поселке Гремиха, авторы работ [1; 2; 4; 5] считают, что дальнейшее нахождение АПЛ К-27 в затопленном состоянии недопустимо и опасно.

Начиная с 1992 г. радиационную обстановку в районе затопления подводной лодки изучали несколько раз [6—9]. Выводы всякий раз оказывались благоприятными: ядерные отходы не представляют опасности для окружающей среды, содержание радионуклидов значительно ниже допустимых уровней.

19 сентября 2012 г. в Архангельск с Новой Земли вернулось научно-исследовательское судно «Иван Петров» с российско-норвежской экспедицией на борту. Норвежское бюро радиационной защиты (Norwegian Radiation Protection Authority) опубликовало серию фото- и видеоматериалов по итогам экспедиции, в том числе и с АПЛ К-27. 30 сентября того же года на морском спасательном буксире «Неотразимый» к архипелагу Новая Земля из Архангельска отправилась новая экспедиция. И вновь российские специалисты подтвердили, что радиационная ситуация в районе затопления лодки остается стабильной. Тем не менее с учетом приведенных выше материалов о возможной разгерметизации топливовыделяющих элементов АПЛ К-27 в 2013 г. было принято решение инициировать работы по подъему подводной лодки, доставке ее на Кольский полуостров и дальнейшей утилизации.

В октябре 2013 г. к архипелагу Новая Земля на научно-исследовательском судне (НИС) «Профессор Штокман» отправилась новая комплексная экспедиция, в состав которой входили представители МЧС России и научные сотрудники Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. В задачи экспедиции входило обследование радиационной обстановки на большей части восточного побережья архипелага Новая Земля, а также работы по обнаружению, идентификации и картированию затопленных ранее в этих районах радиационно опасных объектов с использованием закрепленного на борту судна измерительного гидроакустического комплекса, состоящего из узлолучевого эхолота-профилографа SES-2000 и гидролокатора бокового обзора «Гидра 250/500» [10; 11].

Кроме того, одной из основных целей гидроакустических исследований была дальнейшая отработка методов акустической регистрации газовых выходов (в основном метана) со дна акватории в рамках программы исследования морей российского сектора арктического бассейна, которые регулярно осуществляются Институтом океанологии в течение ряда последних лет [10; 11]. Исследования по отработке методов акустической регистрации выходов метана со дна акватории осуществлялись при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Национального научного фонда США и Национального фонда США по океану и атмосфере. В работах кроме ученых Института океанологии принимали участие сотрудники Тихоокеанского океанологического института им. В. В. Ильичева РАН, а также научно-исследовательского арктического центра Университета штата Аляска (Фэрбанк) и университета Джорджии из США.

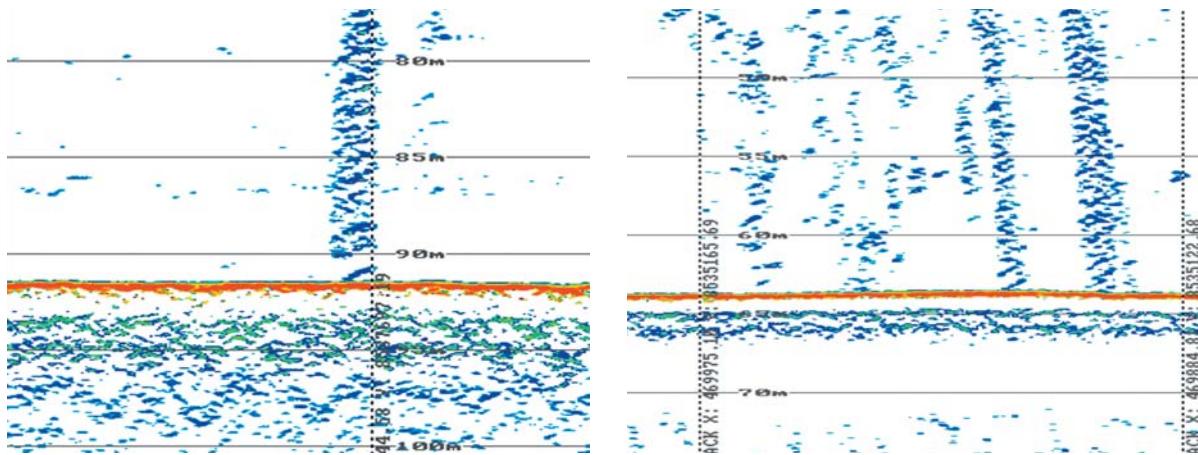


Рис. 1. Акустическое изображение процесса газовой выделении со дна моря: слева — одиночный газовый выход, справа — множественные газовые выходы

В процессе работ были отработаны и многократно экспериментально подтверждены методы акустической регистрации выходящих со дна газовых потоков. В частности, на рис. 1 приведена типичная (и только одна из многих) картина, полученная после обработки данных узколучевого эхолота в экспедиции 2011 г. на НИС «Академик Лаврентьев» [10]. Изображение соответствует акустически зарегистрированным выходам газа со дна, документально подтвержденным другими независимыми методами.

В рамках общих задач экспедиции 2013 г. на НИС «Профессор Штокман» сотрудники МЧС России с помощью датчиков, закрепленных на подводном телеуправляемом аппарате «Falcon», производили замеры уровня радиации в заливе Степового, в том числе вблизи корпуса затопленной лодки К-27. В процессе исследований с помощью узколучевого эхолота-профилографа SES-2000, постоянно находившегося в работе на борту судна, были получены материалы, трактовка которых является неоднозначной. Они позволяют с несколько иной точки зрения взглянуть на проблему дальнейших манипуляций с лодкой К-27.

При работах с телеуправляемым аппаратом «Falcon» судно «Профессор Штокман» стояло на якоре практически над затопленной лодкой. Из практики известно, что стоящее на якоре судно под действием ветра всегда совершает периодические взаимно-обратные смещения по дуге окружности с радиусом, приблизительно равным длине вытравленной якорь-цепи и с угловой амплитудой, зависящей от длины вытравленной якорь-цепи и внешних воздействий. В нашем случае угловые перемещения судна составляли величину порядка 30—40°, а взаимное расположение судна и затопленной лодки было таково, что закрепленная на судне и направленная вниз антенна эхолота-профилографа периодически с минимальной скоростью проходила над лодкой в зоне между ее рубкой и кормой под углом 50—60° к продольной оси лодки.

При этом на экране эхолота-профилографа фиксировалось акустическое изображение поперечного сечения лодки. Авторами было обнаружено, что

кроме собственно изображения поперечного сечения корпуса лодки в момент пересечения эхолотом продольной оси лодки на эхограмме в толще воды над лодкой отчетливо регистрируется наличие некоего «факела», природа которого, на наш взгляд, представляет большой интерес. На рис. 2 в качестве примера приведены две записи, полученные с эхолота профилографа при прохождении его антенны над лодкой в двух противоположных направлениях.

В зависимости от направления и скорости прохода над лодкой форма регистрируемого факела несколько отличалась, однако сам факт его наличия не вызывает сомнений. Регистрация производилась в течение длительного времени (более суток), соответствующего нескольким десяткам циклов прохождения антенны над лодкой в направлении туда-обратно. В процессе измерений для повышения достоверности результатов несколько менялись настройки эхолота.

Визуальное сходство «факела» над подводной лодкой с изображенной на рис. 1 картиной выхода газа со дна позволило по аналогии предположить возможное истечение газа из корпуса лодки. К сожалению, подтвердить или опровергнуть это предположение в данной экспедиции не удалось, поскольку непосредственный визуальный осмотр верхней палубы лодки, проводившийся с помощью телеуправляемого аппарата «Falcon», не выявил явных следов газовой выделения. Однако следует иметь в виду, что в связи с малой прозрачностью воды условия для наблюдений были далеки от идеальных, кроме того, концентрация пузырьков, которая уже уверенно регистрируется эхолотом, далеко не всегда наблюдается визуально.

Не отказываясь от гипотезы об истечении газа, авторы рассмотрели и другие возможные варианты расшифровки приведенной на рис. 2 картины. Кроме газовой выделения подобные следы на эхограммах могут появляться в случае любых нарушений однородной структуры воды в районе наблюдений (например, тепловые потоки). В частности, высокочастотные эхолоты достаточно четко фиксируют зоны скачков температуры в слоях воды амплитудой порядка долей градуса. Авторы рассматривают возможность

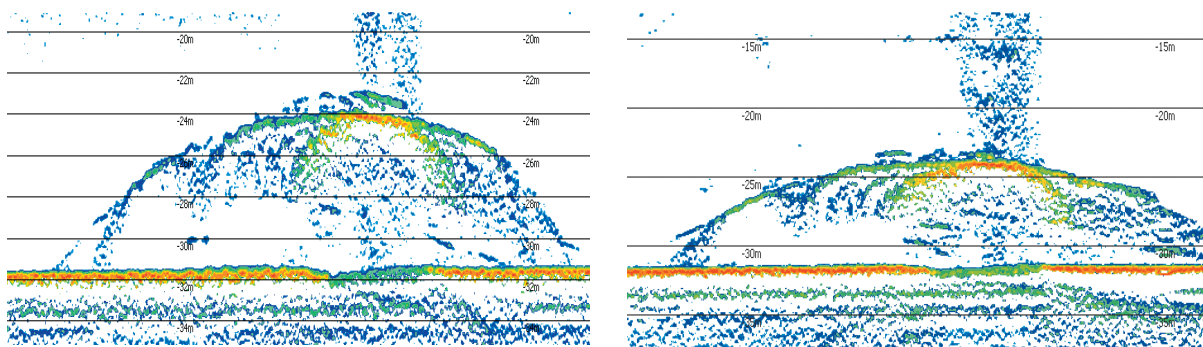


Рис. 2. Акустические изображения, полученные при прохождении антенны эхолота над корпусом подводной лодки

существования некоего локального источника тепла в корпусе лодки, приводящего к восходящему течению воды, что находит отражение в характерных следах на эхограммах. При этом нужно иметь в виду, что в принципе тепловыделение существует на всех затопленных или затонувших объектах, обладающих ядерными реакторами. Теплоизоляцию таких объектов никогда не делали, так как это не нужно, да и не важно. Все предпринятые при затоплении лодки превентивные меры были направлены только на локализацию радиоактивности внутри ее корпуса. Наличие же внутри реакторов, а в прилегающей к ним внутренней зоне лодки остатков ядерного топлива в принципе может привести к продолжающемуся процессу разогрева внутренних полостей лодки и, как следствие, к постоянному тепловому потоку с ее поверхности. В пользу выделения тепла говорит и то, что антенна эхолота проходила над лодкой в районе между рубкой и кормой, т. е. в зоне расположения ядерной силовой установки. Наиболее важным, на наш взгляд, является не столько факт регистрации теплового потока, а его количественные оценки и прогноз изменений, по крайней мере на ближайшее будущее. К сожалению, в рамках экспедиции 2013 г. по ряду объективных причин это выполнить не удалось.

Оставляя открытым вопрос об истинной природе зарегистрированного «факела», авторы тем не менее настоятельно рекомендуют при планировании следующих экспедиций в район затопления АПЛ К-27 предусмотреть комплекс прямых контактных измерений тепловых и газовых потоков в районе корпуса лодки, которые смогут однозначно установить природу наблюдавшегося явления и определить степень его потенциальной опасности на ближайшее будущее.

Методика проведения подобных измерений известна и предполагает использование опускаемых на кабель-тросе гидрофизических зондов, дополнительно снабженных устройствами визуального наблюдения. Подобного рода аппаратура и опыт ее использования имеются как у представителей МЧС, так и у научных сотрудников Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Без проведения такого рода работ любые манипуляции с корпусом подводной лодки мы считаем преждевременными и потенциально опасными.

### Литература

1. Саркисов А. А., Высоцкий В. Л., Сивинцев Ю. В., Никитин В. С. Проблемы радиационной реабилитации арктических морей // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 1. — С. 70—81.
2. Саркисов А. А., Антипов С. В., Высоцкий В. Л. Приоритетные проекты программы реабилитации морей от затопленных и затонувших ядерных и радиационно опасных объектов и необходимость международного сотрудничества // Арктика: экология и экономика. — 2012. — № 4 (8). — С. 4—15.
3. Лаверов Н. Д., Дмитриевский А. П., Богоявленский В. И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 1. — С. 26—37.
4. Саркисов А. А., Высоцкий В. Л., Сивинцев Ю. В., Никитин В. С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. — М.: ИБРАЭ РАН, 2009. — 82 с.
5. Сомов И. Е. О подъеме АПЛ «К-27» для снижения ядерного и радиационного риска в Северо-Западном регионе. — Осло, 2011. — 7 с. — Материалы КЭГ МАГАТЭ.
6. Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е., Алексеев И. Н. Современное состояние затопленных объектов с ОЯТ и ТРО в заливах архипелага Новая Земля // Международное сотрудничество по ликвидации ядерного наследия атомного флота СССР. — М., 2008. — С. 21—23.
7. Степанец О. В. Радиогеоэкологические исследования мелководных заливов архипелага Новая Земля в местах захоронения затопленных объектов // Материалы работы КЭГ МАГАТЭ 16—17 февраля 2011 г. — Осло, 2011. — С. 14—19.
8. Кобылянский В. В., Казеннов А. Ю., Кикнадзе О. Е. Подводные захоронения радиоактивных отходов в Арктике: Какова реальная угроза // Вторая ВНТК «Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана». — Новосибирск, 2012. — С. 27—45.
9. Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л. и др. Анализ состояния и возможных подходов по обращению с затопленными радиационно опасными объектами в Северо-Западном регионе России. — М.: ИБРАЭ РАН, 2005. — 139 с.
10. Дмитриевский Н. Н., Ананьев Р. А., Либина Н. В., Росляков А. Г. Сейсмоакустические исследования верхней осадочной толщи и рельефа морского дна в морях восточной Арктики в 57-м рейсе НИС «Академик Лаврентьев» // Океанология. — 2012. — Т. 52, № 4.
11. Дмитриевский Н. Н., Ананьев Р. А., Мелузов А. А. и др. Геолого-акустические исследования в море Лаптевых в рейсе судна «Владимир Буйницкий» // Океанология. — 2014. — Т. 54, № 1.