

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕЗЭКИПАЖНОГО КАТЕРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. И. Вяльшев¹, А. А. Долгов¹, С. В. Дунчевская², С. В. Зиновьев¹
В. О. Муравья^{3,4}, Д. В. Полторанов¹, Ф. К. Тузов¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России,
Россия, 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7,
e-mail: vialyshev@rambler.ru;

²Научно-производственное предприятие «Форт XXI»,
Россия, 141079, Московская обл., г. Королев, ул. Гагарина, д. II, а/я № 1103,
e-mail: svd@fort21.ru;

³ Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Россия, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д. 36,
e-mail: muravya.vo@ocean.ru;

⁴Московский физико-технический институт,
Россия, 141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский переулок, 9

Рассмотрено использование безэкипажного катера (БЭК) для поиска, обследования и контроля подводных потенциально опасных объектов (ППОО), затопленных во внутренних и территориальных водах Российской Федерации. Описаны дополнительные возможности при применении БЭК для решения ряда задач при исследованиях ППОО в сложных водоемах. Предложены технические характеристики подобного катера, наиболее подходящая модель и комплектующие приборы.

Ключевые слова: безэкипажный катер, поиск и обследование подводных потенциально опасных объектов, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат, гидролокатор бокового обзора

Введение

В 2004 г. в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 на МЧС России было возложено предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций, связанных с подводными потенциально опасными объектами (ППОО), в том числе ведение Реестра объектов по утилизации радиоактивных отходов, включая затопленные контейнеры и реакторы. Утилизация радиоактивных отходов связана с развитием атомной энергетики в середине XX века. В 60–70-х годах многие страны, включая СССР, сбрасывали радиоактивные отходы (РАО) в открытое море (Сивинцев и др., 2005). В СССР и России с 1957 по 1993 гг. осуществлялся сброс РАО в Арктических и Дальневосточных морях, особенно в Карском море, где было затоплено более 17 тысяч контейнеров и 18 судов (Сивинцев и др., 2005). Активность

радиоактивных веществ снизилась более, чем в 10 раз, и сейчас определяется долгоживущими радионуклидами. Первые исследования загрязнения морской среды, выявившие несоответствия в данных о местах затопления ([Саркисов и др., 2015](#)), проводились в 1990-х годах.

ГОСТ 22.0.09-97 определяет ППОО как суда, иные плавсредства, технические средства, боеприпасы, а также элементы оборудования, установки, полностью или частично погруженные в воду, содержащие радиоактивные, химические отравляющие, взрывчатые и другие опасные вещества, представляющие угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций на акваториях ([Вялышев и др., 2025](#)).

Работы, проводимые МЧС России с такими объектами с целью предупреждения и ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций, включают в себя:

1. Поиск и уточнение местоположения ППОО, известных по архивным данным с использованием гидролокаторов бокового обзора (ГБО) средней дальности с рабочей частотой 70–150 кГц.

2. Уточнение местоположения и детализация структуры ППОО с использованием высокочастотных (150–500 кГц) ГБО, а также средств буксируемых (БНПА) и телевизуемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА).

3. Визуальный осмотр ППОО и инструментальные измерения уровней химического и радиоактивного загрязнения с помощью подводных видеокамер, спектроанализаторов и гамма-спектрометров, устанавливаемых на ТНПА, подводных обитаемых аппаратах (ОПА) или доставляемых водолазами.

4. Определение концентраций опасных веществ, а также уровней радиоактивности в окружающей морской среде и грунте в лабораторных условиях путем анализа проб воды и грунта, отобранных на поверхности и вблизи ППОО.

5. Проведение долговременных непрерывных наблюдений (мониторинг) за состоянием окружающей морской среды с помощью специализированных донных станций и приборных комплексов, устанавливаемых непосредственно на ППОО или вблизи них.

6. Подъем взрывоопасных, химически опасных и радиоактивных объектов на поверхность с использованием труда водолазов, ТНПА и ОПА.

Работы по поиску и обследованию ППОО проводятся с борта специализированных, в том числе научно-исследовательских, судов (НИС). В случае, если ППОО затоплены в стесненных акваториях (заливах, бухтах) или на мелководье, где судоходство невозможно, то работы производятся с использованием судового катера. Для эффективного выполнения перечисленных операций были разработаны соответствующие методики, подробно рассмотренные в работах ([Римский-Корсаков, Пронин, 2010](#); [Римский-Корсаков, 2011](#); [Римский-Корсаков и др., 2019](#); [Муравья и др., 2024](#); [Анисимов, 2023](#); [Казеннов и др., 2010](#)).

Гидролокационная съемка по поиску и исследованию ППОО с помощью ГБО бывает маршрутная или площадная (по системе галсов). Маршрутная съемка применяется в том случае, когда надо получить общее представление о районе работ – формах рельефа, наличии подводных объектов, границах участков с различными типами

поверхности дна и т. п. В случае, когда требуется уточнить местоположение конкретных объектов или необходимо построить карту (схему) дна или гидролокационную мозаику участка дна, проводится площадная съемка.

Поиск и уточнение координат ППОО ведется на галсах, ориентированных в меридиональном, либо широтном направлении, что вызвано удобством последующей стыковки вновь обследованных площадей. При выборе направления галсов конкретной съемки также учитываются метеоусловия в районе на момент работы. Расстояние между галсами (МГР) выбирается из соотношения, которое подразумевает 30 % перекрытие полос обзора на соседних галсах с учетом поправки на наклонную дальность (Римский-Корсаков и др., 2019).

При необходимости детализации информации, полученной в результате съемки, проводится дополнительный поиск и идентификация обнаруженных объектов с помощью средств видеотехники, установленных на БНПА и ТНПА, а также отбор проб грунта для аналитического определения химических и радиоактивных загрязнений.

Последующие целенаправленные исследования поверхности дна и подводных объектов с помощью ТНПА и установленных на них средств инструментальных измерений проводятся по двум вариантам. Первый применяется в том случае, если есть возможность постановки обеспечивающего судна на якорь в непосредственной близости от обнаруженного объекта. После постановки судна на якорь за борт спускается ТНПА, который наводится оператором на объект. После визуального контакта с объектом оператор ТНПА производит его обследование, идентификацию, видеосъемку и, если необходимо, измерения химических и радиационных параметров окружающей среды с использованием спектральных анализаторов и гамма-спектрометров.

Второй вариант работ используется в том случае, когда постановка судна на якорь вблизи от исследуемого объекта невозможна в связи с малыми глубинами, стесненностью акватории и навигационными опасностями. В этом случае судно ложится в дрейф, либо встает на якорь по возможности ближе к месту работы. Дальнейшие исследования проводятся с вспомогательного плавсредства – надувной лодки, моторного катера и т. п. На рисунке 1 приведено изображение судового катера РЖД НИС «Академик Мстислав Келдыш» в момент выхода в точку работ по обследованию АПЛ К-27 в заливе Степового в Карском море. Катер оборудован эхолотом-картплоттером Lowrance MARK-4 CHRP, двухсистемным навигационным приемником космических навигационных систем (КНС) GPS и ГЛОНАСС, ТНПА «RovBuilder-600» или ТНПА «СуперГНОМ» с гамма-спектрометром РЭМ-26, высокочастотным ГБО «Микросаунд-Т», а также бензоэлектрическим генератором и якорной лебедкой для постановок катера на глубинах до 100 м.

Плавсредство с малогабаритным ТНПА, энергетическим и навигационным оборудованием, а также группой из 4–5 специалистов (моторист, матрос, навигатор, оператор ТНПА, оператор гамма-спектрометра) спускается за борт судна. Плавсредство выходит в точку, лежащую в непосредственной близости от обнаруженного объекта с использованием КНС (GPS, ГЛОНАСС) и эхолота. С плавсредства устанавливается заякоренный буй, к которому оно швартуется, либо бросается якорь (заякоренный

буй в отдельных случаях может быть установлен с обеспечивающего судна). Далее проводятся работы по дополнительному поиску объекта: вначале ТНПА выводят на объект с помощью гидролокатора кругового обзора (ГКО), а затем после установления визуального контакта с объектом проводят детальную видеосъемку объекта и измерения параметров химических и радиационных загрязнений.



Рис. 1 – Судовой моторный катер: 1 – штанга антенны эхолота, 2 – навигационный эхолот-картплоттер, 3 – ТНПА “RovBuilder-600”, 4 – бензоэлектрический генератор; 5 – электрическая якорная лебедка

В последнее время при проведении морских научных исследований и разного рода изысканий важное значение приобретает применение беспилотных роботизированных (телеуправляемых) систем (БРС), таких как беспилотные летательные аппараты (БПЛА), автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) и безэкипажные катера (БЭК). Настоящая работа посвящена анализу характеристик и особенностей эксплуатации БЭК при проведении исследований и мероприятий по обследованию ППОО.

Методы и средства

Создание безэкипажных катеров (БЭК) по аналогии с развитием БПЛА и других робототехнических устройств и аппаратов обусловлено стремлением снизить риски для человека при работе в агрессивной среде – гидросфере.

БЭК – это автономные или дистанционно управляемые водные суда, предназначенные для выполнения различных задач без присутствия человека на борту. Они оснащены современными системами навигации, связи и автоматического управления, что позволяет им осуществлять мониторинг, патрулирование и проведение

технических работ в сложных условиях (Kimball et al., 2014). Использование БЭК повышает безопасность и эффективность операций, сокращая необходимость участия человека в опасных или труднодоступных средах (Tsai et al., 2019).

При исследовании ППОО катер оснащается однолучевым или многолучевым гидрографическим эхолотом, гидролокатором бокового и/или кругового обзора, навигационным приемником КНС на базе GPS, ГЛОНАСС и других спутниковых систем, а также автономной навигационной системой с инерциальным модулем и допплеровским лагом. Опционально в зависимости от решаемых задач на катере могут быть установлены видеосистема с обзором 360°, звуковизор, профилограф скорости течений, система лазерного сканирования, система управления и передачи данных и т. д. Основным, наиболее важным элементом оборудования БЭК, позволяющим не только находить объекты, но и идентифицировать их, является ТНПА.

Многофункциональный безэкипажный катер, оснащенный вышеперечисленным комплексом оборудования, способен обеспечить поиск, детализацию структуры и контроль состояния подводных объектов на значительном удалении от оператора, достигающем нескольких километров. Кроме того, такой БЭК позволяет осуществлять работы в ограниченных акваториях, таких как узкие заливы и мелководье на глубинах от 0.2 м, где использование традиционных научно-исследовательских судов невозможно. Также преимущество БЭК перед обычными плавсредствами, такими, как лодки и катера, заключается в возможности их запуска в условиях затрудненного спуска на воду из-за топких, заиленных берегов, поросших густой растительностью, а также на набережных, гидротехнических сооружениях (ГТС) и скалистых берегах. В дополнение к этому, БЭК позволяет выполнять работы на водоемах с небезопасными условиями для человека – например, пруды-охладители, шламохранилища и другие объекты с нестандартной экологической обстановкой.

За последнее десятилетие разработаны различные виды БЭК, среди которых выделяются высокоскоростные платформы для военных и охранных целей, основанные на судах длиной 4–9 м (Kimball et al., 2014). Также существуют меньшие коммерческие и академические беспилотные катера для научных целей, такие как двухкорпусный Squirtle, разработанный Коимбрским университетом (Fraga et al., 2014) для проведения экологического мониторинга и батиметрической съемки водоемов и рек, двухкорпусный ASV C-Cat 3 (ASV Global) и однокорпусный MIT SCOUT (J. Curcio et al., 2005), оснащенные электродвигателями и развивающие максимальную скорость около 9.4 км/ч. Аналогичным аппаратом для проведения научных изысканий является Jetyak, созданный WHOI (Kimball et al., 2014), обладающий более высокой скоростью и меньшей стоимостью. По состоянию на 2025 г., наиболее перспективным в этом направлении и лидером мирового рынка является китайская компания OceanAlpha, представившая в конце июня так называемый надводный беспилотник L25, который планируется использовать для мониторинга акваторий, гидрографических и геофизических исследований, инспекции береговых объектов и морских платформ, спасательных операций, обеспечении безопасности и картографировании.

В России подобные технологии преимущественно используются в военных целях или эксплуатируются зарубежные аналоги, в том числе китайского производства ([Дунчевская и др., 2023](#)).

Наиболее подходящей отечественной моделью БЭК для решения задач поиска и исследования ППОО в настоящее время является линейка беспилотных катеров типа КАЛАН ([БГК ПАК МРТК Калан; Дунчевская и др., 2022](#)). Эти БЭК перспективны с точки зрения развития по двум направлениям: увеличения габаритов, скорости, грузоподъемности, мореходности и автономности, а также расширения спектра полезной нагрузки в зависимости от задач. Они используют различные системы связи и передачи данных, обеспечивающие работу на различных дальностях и в сложных навигационных условиях ([Дунчевская и др., 2023](#)). Сравнение технических характеристик вышеперечисленных БЭК представлены в таблице 1.

Табл. 1 – Сравнительные характеристики различных моделей БЭК

Характеристика	КАЛАН-М4	OceanAlpha L25	ASV C-Cat 3	Jetyak WHOI
Габаритные размеры (Д×Ш×В), м	4×2.35	7.5×2.8	3.0×1.6	3.35×2
Осадка, мм	200	400	200	200
Снаряженная масса, кг	237	2400	390	135
Полезная нагрузка, кг	200	200	70	–
Крейсерская скорость, км/ч (уз.)	10 (5.4)	7.4 (4)	5.6 (3.5)	5.5 (3)
Максимальная скорость, км/ч (уз.)	12 (6.5)	18.52 (10)	18.52 (10)	20.4 (11)
Автономность при крейсерской скорости, ч	8	65	8	10
Максимальная высота волны, м	1.5	1.25	0.5	1
Управление	Дистанционное / Автопилот	Дистанционное / Автопилот	Дистанционное / Автопилот	Дистанционное / Автопилот
Дальность связи (макс.), км	20	20	1–2 (может быть увеличен при повышении антенны >3.5м.)	8

Для работы на внутренних водоемах используется БЭК КАЛАН-М1 (длиной 1.2 м). Для работы в морских условиях применяются модификации БЭК КАЛАН-М3 и КАЛАН-М4 длиной 3 и 4 м соответственно. На рисунке 2 представлены изображения опытных образцов БЭК КАЛАН-М1 и КАЛАН-М3, которые позволяют сравнить габариты БЭК. Эти БЭК прошли опытную эксплуатацию в различных условиях ([Дунчевская и др., 2022](#); [Дунчевская и др., 2023](#); [Дунчевская и др., 2024](#)).

БЭК КАЛАН-М3 и М-4 предназначены для совместной работы с ТНПА. БЭК позволяет оперативно транспортировать ТНПА к месту нахождения ППОО, спускать его в воду и обеспечивать максимально комфортную работу, находясь непосредственно над объектом в режиме динамического позиционирования. При этом оператор на

посту управления имеет возможность контролировать положение ТНПА в пространстве и видеть его положение на навигационном дисплее с использованием системы гидроакустического позиционирования.



Рис. 2 – БЭК КАЛАН-М1 (слева) и КАЛАН-М4 (справа)

Для обеспечения спуска и подъема БЭК КАЛАН с причалов, набережных, пирсов, с борта судов разработан и изготовлен специальный спуско-подъемный модуль (СПМ) «Гараж», представленный на рисунке 3.



Рис. 3 – БЭК КАЛАН-М3 в «Гараже»

Гараж обеспечивает защиту БЭК КАЛАН со всех сторон за счет жесткой металлической рамы, которая одновременно является грузонесущим элементом. К раме прикреплены тросовые стропы, закрепленные в металлическом кольце, которое

фиксируется на гаке спуско-подъемного механизма (кран-балка, шлюп-балка, А-рама и пр.). БЭК устанавливается в СПМ «Гараж» на борту судна. Далее закрывается входная створка и выполняется спуск СПМ на воду. СПМ и БЭК КАЛАН имеют положительную плавучесть, поэтому после открывания входной створки БЭК КАЛАН своим ходом выходит из СПМ. После этого СПМ «Гараж» поднимается на борт судна, а БЭК приступает к выполнению поставленных задач.

Результаты

Исследование и контроль состояния ППОО включает гидролокационную съемку, визуальный осмотр с использованием подводных аппаратов и диагностику радиационной обстановки при помощи гамма-спектрометров (для случая работ на захоронениях РАО).

Помимо общей методологии проведения исследований, существует также их разделение по глубинам залегания ППОО, что требует корректировки конкретных методик проведения работ. Так, объекты захоронений РАО в Карском море могут располагаться на малых глубинах (10–70 м – заливы Новой Земли), а также на значительных глубинах (400 м – Новоземельская впадина). В заливах и на мелководье исследования ППОО ведутся с борта судового катера (рисунок 1) ([Муравья, Анисимов, 2025](#)). Для повышения эффективности (производительности) таких работ логично заменить катер на один или несколько БЭКов с общим центром управления, расположенным на НИС, стоящем на некотором удалении от места работ. В этом случае для поиска ППОО в предполагаемом районе захоронения РАО гидролокационная съемка производится с использованием ГБО, установленного на БЭК. Сначала определяются размеры полигона поиска в зависимости от точности исходных данных. В штатной программе судовождения, навигации и управления БЭК формируется сетка поисковых галсов для ГБО с учетом глубины и рельефа дна в пределах полигона. При планировании галсов необходимо задать 100%-ное перекрытие полос обзора и возможность получения гидролокационного изображения объекта с различных направлений. В программу управления БЭК вводится информация о спланированном маршруте. Далее БЭК в конфигурации для проведения поисковых работ спускается на воду с использованием СПМ «Гараж» или штатного судового спуско-подъемного устройства (СПУ), выходит на поисковый полигон и начинает выполнение гидролокационной съемки. При этом вся получаемая информация в полном объеме сохраняется на борту БЭК, а необходимый для контроля его работы объем данных, в том числе сведения, получаемые с помощью ГБО, передается по каналам беспроводной связи на судовое автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

После обнаружения объекта выполняется уточняющая гидролокационная съемка в месте обнаружения для максимально возможного уточнения координат объекта. Результат наносится на электронную карту-схему полигона ([Вялышев и др., 2025](#)). Пример полученных ГБО-изображений представлен на рисунке 4.

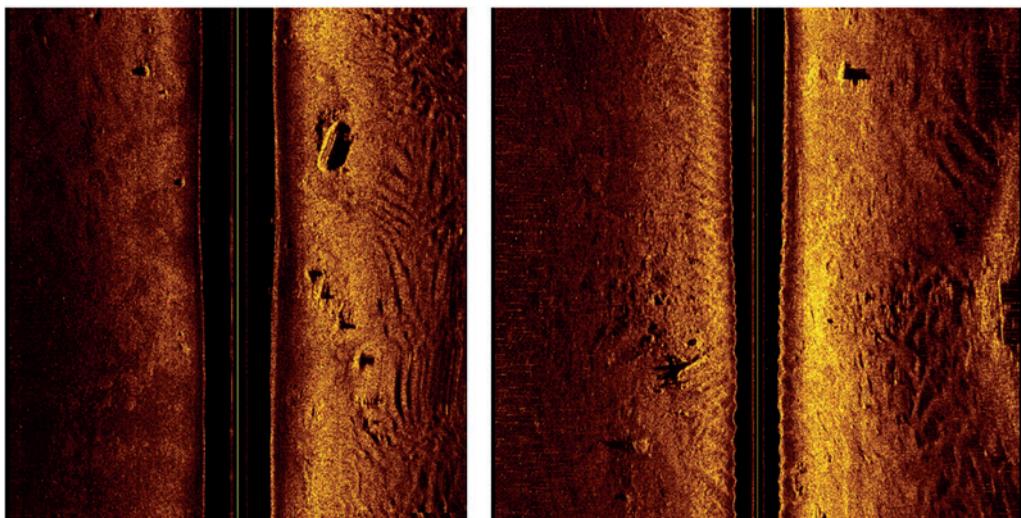


Рис. 4 – Примеры ГБО-изображений обнаруженных затопленных объектов при различном волнении водной поверхности

Для визуального осмотра объекта с целью идентификации используется ТНПА. Для этого БЭК переводится в режим работы с ТНПА. ТНПА устанавливается на транспортировочную платформу БЭК и вместе с БЭК спускается на воду с борта судна обеспечения с применением стандартного судового СПУ. БЭК выводится в точку нахождения объекта и переходит в режим динамического позиционирования над объектом с использованием КНС. Выполняется выход ТНПА с транспортировочной платформы и переход его в режим самостоятельного движения. Оператор ТНПА управляет аппаратом с применением системы связи БЭК в режиме реального времени, выполняет вывод его на объект с использованием гидролокатора кругового обзора.

После вывода ТНПА на объект производится его осмотр и идентификация с использованием видеосистемы, а также синхронные измерения радиоактивности с помощью подводного гамма-спектрометра. При необходимости ТНПА с использованием манипулятора может установить на объекте гидроакустический маяк-маркер. Также с помощью ТНПА могут быть взяты пробы воды и грунта.

Применение одного или одновременно нескольких таких комплексов с одного базового судна позволит существенно повысить эффективность (производительность) работ по поиску и обследованию ППОО и значительно уменьшить стоимость таких исследований.

Работа по стандартным поисковым задачам, как правило, должна выполняться с использованием БЭКов в режиме автопилота по заданной миссии, которая может включать в себя как движение по маршруту в виде ломаных, так и по спланированной сетке поисковых галсов для ГБО с необходимым направлением и межгалсовым расстоянием. За один цикл съемки БЭК, при наличии соответствующего задания, может выполнить сплошное обследование нужного участка акватории, обеспечив необходимое перекрытие полос обзора и обзор всех участков с разных направлений.

Проведение исследований в режиме автопилота при работе двух или более БЭК позволяет существенно увеличить скорость работ и уменьшить количество операторов. Специализированное программное обеспечение по автоматизированному определению наличия объектов облегчает труд операторов-гидроакустиков в режиме реального времени. Работа одновременно нескольких БЭКов по сценарию «дойти до своего участка полигона – выполнить съемку – вернуться на базовое судно» позволяет оптимизировать процесс выполнения работ. Задачи управлением одиночным БЭКом в режиме автопилота сейчас уже достаточно хорошо проработаны и БЭКи качественноправляются с выполнением съемок по галсам с минимальными отклонениями при различных внешних воздействиях, таких как ветер и волнение. И работа группы независимых БЭКов, выполняющих свои отдельные задания, уже может быть применена на практике. Следующей задачей, является реализация групповой работы БЭКов с их взаимодействием внутри группы.

Обсуждение

Для объективной оценки преимуществ и недостатков беспилотных катеров по сравнению с традиционными судовыми средствами необходимо провести сравнительный анализ их технических характеристик и конструктивных особенностей. Такой подход позволяет выявить ключевые параметры, влияющие на эксплуатационные свойства, безопасность и эффективность использования данных типов судов, а также определить области их применения в различных условиях эксплуатации. Для сравнения в таблице 2 представлены основные технические характеристики различных моделей беспилотных катеров типа КАЛАН и классического судового катера, например, эксплуатировавшегося на НИС «Академик Мстислав Келдыш» и используемого во всех крупных экспедициях по исследованию ППОО.

Габаритные показатели наглядно демонстрируют, что БЭК меньше размером, а следовательно – более маневренные. Меньшие габариты позволяют более гибко подходить к планированию экспедиции и не требуют специального спуско-подъемного оборудования, как в случае с судовым катером, или киль-блоков для установки на судно. Также, сравнивая размеры всех судов, стоит обратить внимание на осадку, которая у беспилотных катеров составляет 120–200 мм, что значительно меньше осадки судового катера (400 мм), позволяя использовать их в более мелководных условиях.

Крейсерская скорость у беспилотных моделей составляет 10–12 км/ч (5.4–6.5 уз.), а максимальная – до 15 км/ч (8.1 уз.), что значительно ниже скорости судового катера – 37 км/ч (20 уз.) при максимальной скорости до 55.6 км/ч (30 уз.). Этот показатель важен исключительно для оценивания затрат по времени на то, чтобы добраться до места проведения работ, так как на месте работы осуществляются со скоростью, как правило, не превышающей 5 узлов.

Максимальная высота волны для беспилотных моделей достигает 1–1.5 м, что сопоставимо с судовым катером (1.2 м).

Табл. 2 – Сравнительные характеристики различных моделей БЭК КАЛАН

Характеристика	КАЛАН-М4	КАЛАН-М3	КАЛАН-М1	Судовой катер
Габаритные размеры (Д×Ш×В), м	4×2.35×1.9	3×1.45×1.9	1.2×0.95×0.85	7.46×2.55×2
Осадка, мм	200	200	120	400
Водоизмещение, л	360	270	42	1600
Снаряженная масса, кг	237	205	35	1500
Полезная нагрузка, кг	200	100	10	900 (10 чел.)
Крейсерская скорость, км/ч (уз.)	10 (5.4)	12 (6.5)	5 (2.7)	37 (20)
Максимальная скорость, км/ч (уз.)	12 (6.5)	15 (8.1)	7.5 (4)	55.6 (30)
Автономность при крейсерской скорости, ч	8	8	8	—
Максимальная высота волны, м	1.5	1.0	1.0	1.2
Максимальная скорость ветра, м/с	10	8	8	10
Температура эксплуатации, °С	–10...+40	–10...+40	–10...+40	–10...+40
Управление	Ручное / Автопилот	Ручное / Автопилот	Ручное / Автопилот	Ручное
Дальность связи (макс.), км				
WiFi	4	4	4	—
Беспроводной широкополосный доступ (БШПД)	20	20	20	—
С применением ретранслятора	Более 300	Более 300	Более 300	—

Кроме того, на участках без интенсивного движения судов выполнение работ с БЭК может производиться непрерывно, в течение длительного времени, в любое время суток, с остановкой только на замену АКБ. Причем АКБ можно заменять либо с подъемом БЭК на палубу в «гараже», либо прямо на воде, с использованием судового катера.

Таким образом, беспилотные катера типа КАЛАН характеризуются меньшими размерами, меньшей массой, меньшим водоизмещением и более низкими скоростными показателями. Эти параметры определяют их преимущественное применение в условиях мелководья и для задач дистанционного мониторинга или исследований в ограниченных пространствах. Значительным преимуществом является автономность проводимых действий и наличие системы динамического позиционирования у БЭК, что существенно упрощает работу с ТНПА над объектом и повышает ее эффективность.

Заключение

Использование безэкипажных катеров для задач поиска и обследования подводных потенциально опасных объектов открывает новые возможности для проведения работ специального назначения. Главным достоинством является повышение безопасности исследований, особенно для объектов, находящихся в предаварийном состоянии. Такие катера могут работать непосредственно вблизи опасного объекта и

в то же время на удалении до 10 км от центра управления и координации подводных операций. Особенно это касается затопленных контейнеров с боевыми отравляющими веществами. В настоящее время единственным ограничением применения БЭК являются сложные гидрометеорологические условия, в том числе балльность моря.

Таким образом, появление таких телевизуемых систем знаменует собой новый этап в развитии подводных исследований и проведении подводных работ специального назначения.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема FMWE-2024-0024), контракта ИО РАН с НИЦ КИ от 20.05.2024 № 105-3-24-44-22, государственного контракта ИО РАН с ФГКУ ЦСООР «ЛИДЕР» от 26.03.2024 № 101-24. Аналитические исследования выполнены при поддержке РНФ (проект № 23-17-00156).

Авторы благодарят сотрудников НИЦ «Курчатовский институт» Кикнадзе О. Е. и Центра по проведению спасательных операций особого риска «Лидер» («ЦСООР «Лидер») МЧС России Федотова А. А., Рябцева И. К. и Джумамурадова И. А. за ценные замечания и рекомендации при подготовке публикации.

Список литературы

1. *Анисимов И. М., Залота А. К., Лесин А. В., Муравъя В. О.* Особенности исследования биологических и техногенных объектов с использованием глубоководных буксируемых аппаратов // Океанология. 2023. Т. 63. № 5. С. 840–852. EDN: XUZQGK. <https://doi.org/10.31857/S0030157423050027>
2. «БГК ПАК МРТК Калан». <https://fort21.ru/kompleksy/teleupravlyayush-mobilnyj-gidrograficheskij-kompleks-tmgk> (дата обращения: 14.08.2025 г.).
3. Вялышев А. И., Тузов Ф. К., Долгов А. А., Зиновьев С. В. Мобильный поисково-обследовательский комплекс для работ на водных объектах // Технологии гражданской безопасности. 2025. Т. 22. № 2 (84). С. 14–21. EDN: XZKWGU
4. Дунчевская С. В., Видухин С. В., Большаков Е. Н., Дьяконов М. В., Иванов В. М., Попов Ю. Е. Универсальная беспилотная платформа КАЛАН и гидографический комплекс на ее основе // Гидротехника. 2022. № 3 (68). С. 20–22. EDN: ZMBPTA. https://doi.org/10.55326/22278400_2022_3_20
5. Дунчевская С. В., Видухин С. В., Большаков Е. Н. Опытная эксплуатация беспилотного мобильного надводного комплекса КАЛАН на внутренних водных путях и морских прибрежных акваториях и дальнейшее развитие системы // Гидротехника. 2023. № 3 (72). С. 26–28. EDN: VAQDGW. https://doi.org/10.55326/22278400_2023_3_26
6. Дунчевская С. В., Видухин С. В., Большаков Е. Н. Опытная эксплуатация и развитие мобильного роботизированного многофункционального комплекса КАЛАН // Гидротехника. 2024. № 4 (77). С. 46–48. EDN: CJDNET
7. Казеннов А. Ю., Гапонов И. А., Пименов А. Е. Методика оперативных радиационных обследований акваторий береговых баз флота с помощью погружных гамма-спектрометров // Атомная энергия. 2010. Т. 109. № 2. С. 100–108. EDN: MTDDWP
8. Муравъя В. О., Анисимов И. М., Лесин А. В., Римский-Корсаков Н. А. Технология исследований и наблюдений поверхности дна акваторий и подводных потенциально

- опасных объектов с помощью телеконтролируемых необитаемых подводных аппаратов // Комплексные исследования Мирового океана: Материалы VIII Всероссийской научной конференции молодых ученых, Владивосток, 13–17 мая 2024 года. Владивосток: Национальный научный центр морской биологии им. А. В. Жирмунского ДВО РАН, 2024. С. 636–637. EDN: [CAUVGH](#)
9. *Муравья В. О., Анисимов И. М.* Технология исследований подводных объектов и ландшафтов в Карском море // Океанологические исследования. 2025. Т. 53. № 3. С. 190–204. EDN: [OSYLEW](#). [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).11](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).11)
 10. *Римский-Корсаков Н. А., Пронин А. А.* О методологии исследования дна акваторий и подводных объектов гидролокационными методами / Учреждение Российской Академии наук Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН. М., 2010. 62 с. EDN: [RLWANB](#)
 11. *Римский-Корсаков Н. А.* Технология исследования дна акваторий и подводных объектов гидролокационными методами: дис. док. техн. наук (25.00. 28) / Римский-Корсаков Николай Андреевич; Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Москва, 2011. EDN: [QFKHAB](#)
 12. *Римский-Корсаков Н. А., Руссак Ю. С., Зарецкий А. В.* Основные параметры процесса исследований дна акваторий и подводных объектов гидролокационными методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 38–43. EDN: [MJODGQ](#)
 13. *Саркисов А. А., Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Никитин В. С.* Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей. М., 2015. 699 с. EDN: [XMNHNR](#)
 14. *Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М., Васильев А. П.* Радиоэкологические последствия затопления радиоактивных отходов в морях, омывающих Россию («Белая книга-2000»). М.: ИздАТ, 2005. https://elib.biblioatom.ru/text/tehnogennye-radionuklidnye-v-moryah-omnyvayuschih-rossiyu_2005/
 15. “ASV Global”. <http://www.asvglobal.com/> (дата обращения: 14.08.2025 г.).
 16. *Curcio J., Leonard J., Patrikalakis A.* “SCOUT – a low cost autonomous surface platform for research in cooperative autonomy” // Proceedings of OCEANS 2005 MTS/IEEE, Washington, DC, USA, 2005, Vol. 1. P. 725–729. EDN: [XKCTHN](#)
 17. *Fraga J., Sousa J., Cabrita G., Coimbra P., Marques L.* Squirtle: An ASV for Inland Water Environmental Monitoring. In: Armada, M., Sanfeliu, A., Ferre, M. (eds) ROBOT2013: First Iberian Robotics Conference. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2014. Vol. 252. P. 33–39. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03413-3_3
 18. *Kimball P., Bailey J., Das S., Geyer R., Harrison T., Kunz C., Singh H.* The WHOI Jettyak: An autonomous surface vehicle for oceanographic research in shallow or dangerous waters. 2014 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV). 2014. <https://doi.org/10.1109/auv.2014.7054430>
 19. “OceanAlpha Group Ltd”. <https://oceandalpha.com/> (дата обращения: 14.08.2025 г.).
 20. *Tsai C.-M., Lai Y.-H., Perng J.-W., Tsui I.-F., & Chung Y.-J.* Design and Application of an Autonomous Surface Vehicle with an AI-Based Sensing Capability. 2019 IEEE Underwater Technology (UT). 2019. <https://doi.org/10.1109/ut.2019.8734350>

Статья поступила в редакцию 21.08.2025, одобрена к печати 26.11.2025.

Для цитирования: Вялышиев А. И., Долгов А. А., Дунчевская С. В., Зиновьев С. В., Муравья В. О., Полторанов Д. В., Тузов Ф. К. Применение многофункционального безэкипажного катера для исследования подводных потенциально опасных объектов // Океанологические исследования. 2025. Т. 53. № 4. С. 197–212. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).11](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).11)

THE USE OF A MULTITASK UNCREWED SURFACE VESSEL FOR THE RESEARCH OF POTENTIALLY HAZARDOUS UNDERWATER OBJECTS

A. I. Vyalyshov¹, A. A. Dolgov¹, S. V. Dunchevskaya², S. V. Zinovyev¹,
V. O. Muravya^{3,4}, D. V. Poltoranov¹, F. K. Tuzov¹

¹ All-Russian scientific research institute for civil defense and emergencies
of the emercom of Russia,

7, Davydkovskaya street, Moscow, 121352, Russia,
e-mail: vialyshev@rambler.ru;

² Scientific production company “Fort 21”,
4, Pionerskaya, Korolev, 141074, Russia,
e-mail: svd@fort21.ru;

³ Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: muravya.vo@ocean.ru;

⁴ Moscow Institute of Physics and Technology,
9, Institutsky lane, Dolgoprudny, Moscow region, 141700, Russia

The use of an uncrewed surface vessel (USV) for searching, surveying and monitoring potentially hazardous underwater objects (PHUO), submerged in internal and territorial waters of the Russian Federation is considered. Additional options on how to use USV to deal with a number of challenges in researching PHUO in complex water bodies are described. The technical characteristics of such a boat, the most suitable model and components are offered.

Keywords: unmanned boat, search and survey of sunken objects, ROV, side-scan sonar

Acknowledgment: The study is prepared as part of the IO RAS state assignment (subject No. FMWE-2024-0024), contract between the IO RAS and the NRC “Kurchatov Institute” from 20.05.2025 No. 105-3-24-44-22, government contract between the IO RAS and the Federal State Public Institution “Center for Special Risk Rescue Operations “Lider” from 26.03.2025 No. 101-24. Analytical research has been carried out with support of the Russian Science Foundation Project No. 23-17-00156.

References

1. Anisimov, I. M., A. K. Zalota, A. V. Lesin, and V. O. Muravya, 2023: Aspects of Towed Underwater Vehicle “Videomodule” Utilization for Surveying Underwater Objects and Benthic Fauna. *Oceanology*, **63** (5), 840–852, EDN: XUZQGK, <https://doi.org/10.31857/S0030157423050027>
2. “ASV Global”. <http://www.asvglobal.com/> (last accessed in: 14.08.2025).
3. Curcio, J., J. Leonard, and A. Patrikalakis, 2005: “SCOUT – a low cost autonomous surface platform for research in cooperative autonomy,” *Proceedings of OCEANS 2005 MTS/IEEE*, Washington, DC, USA, 2005, **1**, 725–729, EDN: XKCTHN
4. Dunchevskaya, S. V., S. V. Vidikhin, E. N. Bolshakov, M. V. Diakonov, V. M. Ivanov, and Y. E. Popov, 2022: Universal unmanned KALAN platform and hydrographic complex based on it. *Hydrotechnika*, **2**, 20–22, EDN: ZMBPTA, https://doi.org/10.55326/22278400_2022_3_20

5. Dunchevskaya, S. V., S. V. Vidikhin, and E. N. Bolshakov, 2023: Trial operation of the unmanned mobile surface complex KALAN on inland waterways and offshore coastal waters and further development of the system. *Hydrotechnika*, **3** (72), 26–28, EDN: VAQDGW, https://doi.org/10.55326/22278400_2023_3_26
6. Dunchevskaya, S. V., S. V. Vidikhin, and E. N. Bolshakov, 2024: The practical operation and development of the Mobile Robotic Multifunctional Complex KALAN. *Hydrotechnika*, **4**, 46–48, EDN: CJDNET
7. Fraga, J., J. Sousa, G. Cabrita, P. Coimbra, and L. Marques, 2014: Squirtle: An ASV for Inland Water Environmental Monitoring. In: Armada, M., Sanfeliu, A., Ferre, M. (eds) *ROBOT2013: First Iberian Robotics Conference. Advances in Intelligent Systems and Computing*, **252**, 33–39, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-03413-3_3
8. Kazennov, A. Y., I. A. Gaponov, and A. E. Pimenov, 2010: Method for performing rapid radiation surveys of the water areas at shore bases of the naval fleet using submersible gamma spectrometers. A. Y. Kazennov. *Atomic Energy*, **109** (2), 100–108, EDN: MTDDWP
9. Kimball, P., J. Bailey, S. Das, R. Geyer, T. Harrison, C. Kunz, and H. Singh, 2014: *The WHOI Jetayak: An autonomous surface vehicle for oceanographic research in shallow or dangerous waters*. 2014 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV). <https://doi.org/10.1109/auv.2014.7054430>
10. Muravya, V. O., I. M. Anisimov, A. V. Lesin, and N. A. Rimsky-Korsakov, 2024: Tekhnologiya issledovanii i nablyudenii poverkhnosti dna akvatorii i podvodnykh potentsial'no opasnykh ob'ektorov s pomoshch'yu teleupravlyayemykh neobitaemykh podvodnykh apparatov. *Complex Investigations of the World Ocean. Proceedings of the VIII Russian Scientific Conference of Young Scientists*, Vladivostok, May 13–17, 2024, Vladivostok, NSCMB FEB RAS, 636–637, EDN: CAUVGH
11. Muravya, V. O. and I. M. Anisimov, 2025: The research methodology for studying underwater objects and landscapes in the Kara Sea. *Journal of Oceanological Research*, **53** (3), 190–204, EDN: OSYLEW, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).11](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).11)
12. “OceanAlpha Group Ltd”. <https://oceandalpha.com/> (last accessed in: 14.08.2025).
13. Rimsky-Korsakov, N. A. and A. A. Pronin, 2010: *O metodologii issledovaniya dna akvatorij i podvodnyh ob'ektorov gidrolokacionnymi metodami*. Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, 62 p., Dep. v VINITI 22.12.10, No. 718-V2010, EDN: RLWANB
14. Rimsky-Korsakov, N. A., 2011: *Tekhnologiya issledovaniya dna akvatorii i podvodnykh ob'ektorov gidrolokatsionnymi metodami*: dis. dok. tekhn. nauk (25.00. 28). Rimsky-Korsakov Nikolai Andreevich; Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow, EDN: QFKHAB
15. Rimskiy-Korsakov, N. A., A. V. Zaretskiy, and Yu. S. Russak, 2019: Main parameters of the bottom and submarine objects investigation process by sonar methods. *International Journal of Applied and fundamental research*, **4**, 38–43, EDN: MJODGQ
16. Sarkisov, A. A., Yu. V. Sivintsev, V. L. Vysotskii, and V. S. Nikitin, 2015: *Atomnoe nasledie kholodnoi voiny na dne Arktiki. Radiologicheskie i tekhniko-ekonomicheskie problemy radiatsionnoi reabilitatsii morei*. 699 p., EDN: XMNHNR
17. Sivintsev, Yu. V., S. M. Vakulovskii, and A. P. Vasil'ev, 2005: *Radioekologicheskie posledstviya zatopleniya radioaktivnykh otkhodov v moryakh, omyvayushchikh Rossiyu («Belyaya kniga-2000»)*. Moscow, IzdAT, https://elib.biblioatom.ru/text/tehnogennye-radionuklidnye-v-moryah-omyvayushchiye-rossiyu_2005/
18. Tsai, C.-M., Y.-H. Lai, J.-W. Perng, I.-F. Tsui, and Y.-J. Chung, 2019: *Design and Application of an Autonomous Surface Vehicle with an AI-Based Sensing Capability*. 2019 IEEE Underwater Technology (UT), <https://doi.org/10.1109/ut.2019.8734350>
19. “USV KALAN” <https://fort21.ru/kompleksy/teleupravlyayemyj-mobilnyj-gidrograficheskij-kompleks-tmgk> (last accessed in: 14.08.2025).

20. Vyalyshhev, A., F. Tuzov, A. Dolgov, and S. Zinovyev, 2025: Mobile Search and Survey Complex for the Work on Water Bodies. *Civil Security Technology*, 22, 2 (84), 14–21, EDN: XZKWGU

Submitted 21.08.2025, accepted 26.11.2025.

For citation: Vyalyshhev, A. I., A. A. Dolgov, S. V. Dunchevskaya, S. V. Zinovyev, V. O. Muravya, D. V. Poltoranov, and F. K. Tuzov, 2025: The use of a multitask uncrewed surface vessel for the research of potentially hazardous underwater objects. *Journal of Oceanological Research*, 53 (4), 197–212, [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(4\).11](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).11)

应用多功能无人艇调查水下潜在危险物体

**A. I. Vyalyshhev¹, A. A. Dolgov¹, S. V. Dunchevskaya², S. V. Zinovyev¹
V. O. Muravya^{3,4}, D.V . Poltoranov¹, F. K. Tuzov¹**

¹All-Russian scientific research institute for civil defense and emergencies
of the emercom of Russia,
7, Davydkovskaya street, Moscow, 邮编: 121352, Russia,
电子邮件: vialyshev@rambler.ru;

²Scientific production company "Fort 21",
4, Pionerskaya, Korolev, 邮编: 141074, Russia,
电子邮件: svd@fort21.ru;

³Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences,
36, Nakhimovskiy prospekt, Moscow, 邮编: 117997, Russia,
电子邮件: muravya.vo@ocean.ru;

⁴Moscow Institute of Physics and Technology,
9, Institutsky lane, Dolgoprudny, Moscow region, 邮编: 141700, Russia

本文探讨了应用无人艇在俄罗斯联邦内水和领海内搜索、勘测与监测沉没的水下潜在危险物体。文中描述了使用无人艇在复杂水域环境中开展此类物体研究时所能获得的一系列附加能力。提出了此类船只应具备的推荐技术特性、最适配的船型及配套设备组合。

关键词：无人艇·水下潜在危险物体的搜索与勘测·遥控无人潜航器·侧扫声呐

致谢：本工作是在国家任务框架内完成的
作者感谢库尔恰托夫研究所国家研究中心的 O. E. Kiknadze 和俄罗斯紧急情况部特殊风险救援行动中心 ("Lider" 中心) 的 A. A. Fedotov, I. K. Ryabtsev 和 I. A. Dzhumamuradov 在文章准备过程中提出的宝贵意见与建议。