

**Kozlovski Sergey Viktorovich** – senior researcher; cand. of eng. sc.

**Korjakin Alexei Borisovich** – JSC "Taganrog plant" Priboy"; e-mail: alexis\_koryakin@mail.ru; 13, B. Bulvarnaya street, Taganrog, 347913, Russia; phone: +79045079565; head of division.

**Shcherba, Sergey Evgen'evich** – e-mail: serg\_302@mail.ru; phone: +78634390086; head office algorithmic software.

УДК 656.61.087: 623.82

**А.А. Илларионов, С.В. Козловский, В.П. Чернов**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОЛОКАЦИОННОГО ОТРАЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ СРЕДЫ**

*Обосновывается актуальность проблемы своевременного обнаружения автономных обитаемых аппаратов (АНПА), которые могут представлять собой потенциальные подводные диверсионно-террористические угрозы. Наиболее вероятная угроза представляется для объектов морской деятельности, обеспечивающих разработку морских нефтяных и газовых месторождений. В качестве средств наблюдения за подводными роботами на акватории рассматриваются мобильные и стационарные гидроакустические станции обеспечения безопасности. Проанализированы тактико-технические и конструктивные характеристики типовых АНПА «REMUS-100» и «Gavia», предназначенных для океанологических исследований и контроля характеристик морской среды. Данные подводные аппараты могут использоваться как базовые для диверсионной деятельности. Выполнен анализ характеристик гидролокационного отражения подводных роботов как малоразмерных гидроакустических объектов поиска с использованием методического подхода, основанного на оценке параметров эхо-портретов. Приводятся результаты экспериментальных лабораторных исследований характеристик гидролокационного отражения макета АНПА, аналогичного по конструктивным параметрам аппарату «Gavia». Экспериментальные исследования выполнены в исследовательском бассейне НИЦ РЭВ и ФИР ВМФ. По данным экспериментов на встречных носовых и кормовых углах значения эквивалентных радиусов отражения АНПА не превышают 0,15–0,25 м, а на бортовых углах в узком секторе -1,0–2,0 м. Отмечается трудность гидролокационного обнаружения таких объектов при использовании традиционных методов поиска малоразмерных целей. Объяснена причина, по которой существующие методы борьбы с реверберационной помехой в гидролокационных станциях обнаружения подводных пловцов, основанные на применении сложных широкополосных сигналов с высокой разрешающей способностью, при гидролокации подводных роботов типа «Gavia» малоэффективны. Для наблюдения за АНПА в гидроакустических станциях предлагается использовать признак пространственно-временной протяженности объектов и трассовую индикацию их движения с применением методов обработки изображений, элементов теории распознавания образов. Рекомендовано при поиске АНПА в морских и пресноводных акваториях использовать российские гидроакустические станции коммерческого назначения «Нерпа-М» и «Трал-М», имеющие положительный опыт эксплуатации при охране отечественных и иностранных объектов.*

*Автономный подводный аппарат; характеристики гидролокационного отражения; гидроакустические станции.*

**A.A. Ilarionov, S.V. Kozlovski, V.P. Chernov**

### **FEATURES SONAR REFLECTION AUTONOMOUS OBJECTS MARINE MONITORING**

*The urgency of the problem of early detection of autonomous underwater vehicle (AUV) that can be represent potential underwater subversive and terrorist threats is grounded. The most probable threat is represented for the installations of marine activity ensuring development marine*

oil and gas fields. As means of observation over underwater robots for harbour areas mobile and stationary sonars of a safety are observed. Are analyzed tactical-technical and constructional features sample AUV "REMUS-100" and "Gavia", intended for oceanologic researches and the control of characteristics of a marine environment. The given underwater vehicles can be used as base for diversive activity. It is analysed characteristics hydrolocation reflection of underwater robots as small - size hydroacoustical objects of search with usage of the methodical approach grounded on an estimation of parameters an echo of-portraits. Results of experimental laboratory researches of characteristics hydrolocation reflections of dummy AUV analogous on design data to apparatus "Gavia" are indicated. Experimental researches are fulfilled in exploratory basin NITS REV and FIR of Navy. According to experiments at counter bow and stern angles of value of equivalent radiuses of reflection AUV do not exceed  $0,15 \div 0,25$  m, and at on-board angles in narrow sector  $-1,0 \div 2,0$  of m. Difficulty hydrolocation detections of such installations is noted at usage of traditional methods of search small-size objects. The reason on which existing methods of suppression with a reverberative noise in active sonars of detection of the underwater swimmers, based on application of difficult wide-band signals high-resolution, at a hydrolocation of underwater robots of type «Gavia» are ineffective is explained. For observation for AUV in sonars it is offered to use a sign of existential extent of installations and route display of their traffic with application of processing methods of images, elements of the theory of a pattern recognition. It is recommended by search AUV in marine and freshwater areas to use the Russian sonars of commercial assignment "Negra-M" and the "Tral-M" having positive operating experience at guarding of domestic and foreign installations.

*Autonomous operated vehicle; characteristics hydrolocation reflexions; sonars.*

**Введение.** В настоящее время одной из потенциальных угроз экологической безопасности морских акваторий является подводная диверсионно-террористическая угроза объектам морской деятельности в прибрежной зоне и в открытом море [1]. Наиболее вероятная угроза представляется для объектов морской деятельности обеспечивающих разработку морских нефтяных и газовых месторождений. Хотя уровень современных технологий добычи нефти и газа на шельфе в нормальных условиях обеспечивает отсутствие утечки нефтепродуктов, однако ущерб от аварий, возникающих при неисправностях технологического оборудования, неправильных действиях обслуживающего персонала или в результате преднамеренно вызванных техногенных катастроф, может быть колоссальным.

Подводные диверсионно-террористические угрозы могут исходить:

- ◆ от различных экстремистских и террористических организаций;
- ◆ от кампаний-конкурентов, в качестве одной из форм конкурентной борьбы;
- ◆ от государств, чьи экономические или политические интересы прямо или косвенно могут быть затронуты в случае успешной реализации данных проектов и т.п.

Одним из факторов, определяющим высокую эффективность подводной террористической угрозы, является ее высокая скрытность, возможность маскировки под действия исследовательского характера, в том числе мониторинга морской среды с использованием различного рода автономных необитаемых аппаратов (роботов).

Поэтому задачи мониторинга подводной обстановки экологически опасного морского района должна быть сопряжена с контролем за деятельностью в этом районе как людей, так и различного рода подводной роботизированной техники [2, 3], несущих потенциальную угрозу.

**Постановка задачи.** Наиболее успешно задачи контроля подводной обстановки осуществляются активными гидроакустическими средствами наблюдения [4, 5]. Для обеспечения эффективности работы этих средств необходимо знать основные характерные особенности гидролокационного отражения объектов, производящих мониторинг морской среды и представляющих в потенциале при использовании в других целях возможную угрозу экологии на акваториях.

В настоящее время для мониторинга морской среды используется значительное количество различной роботизированной техники, в том числе автономные обитаемые подводные аппараты (АНПА). В последние годы АНПА стали эффективным инструментом для выполнения широкого спектра задач исследований и инспекции акваторий. АНПА успели доказать свою эффективность в таких видах деятельности, как обзорно-поисковые работы, обслуживание систем наблюдения и освещения подводной обстановки, обследование технического состояния объектов морской деятельности, обнаружение участков, требующих принятия необходимых мер, определение мест утечки углеводородов, океанографические исследования, мониторинг водной среды.

Основными достоинствами АНПА являются отсутствие функциональной зависимости от обеспечивающего судна-носителя, большая зона покрытия, скорость выполнения осмотра, сбор данных в непосредственной близости к объекту исследования.

Результаты комплексного обследования могут быть использованы для оценки текущего состояния акватории, оценки изменений состояния, локализации аномалий для детального обследования.

Конструктивно современные АНПА представляют собой программируемые самоходные подводные аппараты сравнительно небольших габаритов способные действовать на больших глубинах, на мелководье и даже на предельном мелководье.

Ежегодно больше всего в мире выпускаются малогабаритные (переносные) АНПА, реализующие модульную технологию, что позволяет устанавливать на них техническое оборудование различного назначения. Именно эта технология дает возможность использовать современные АНПА как устройства двойного назначения, способные решать, как исследовательские, так и диверсионно-террористические задачи против объектов морской деятельности, представляющих потенциальную экологическую угрозу акватории.

Типичным представителем АНПА для проведения промерных работ и океанографических исследований в прибрежных районах является малый аппарат «*REMUS-100*», разработанный фирмы «*Hydroid Inc.*» (подразделение института в *Woods Hole*) [3].

АНПА «*REMUS-100*» (рис. 1) имеет следующие тактико-технические характеристики: длина аппарата – 1,6 м; максимальный диаметр корпуса – 0,19 м; масса – 37 кг; глубина погружения – 150 м; автономность – 22 ч (на скорости хода – 1,5 м/с) и 8 ч (на скорости хода 2,5 м/с); диапазон скоростей хода – (0,25 – 2,8 м/с).

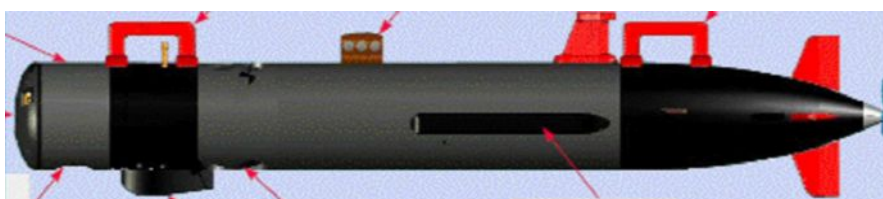


Рис. 1. АНПА «*REMUS-100*»

Конструкция автономного АНПА «*REMUS*» допускает использование модульного принципа, путем создания различных вариантов носового отсека (под конкретную задачу).

Широкое распространение для океанологических исследований и контроля характеристик среды также получило новое поколение автономных НПА «*Gavia*», созданных фирмой «*Hafmynd Ltd.*» (Исландия). Базовая конструкция аппарата (т.е. набор самых необходимых модулей) имеет длину 1,54 м и диаметр 0,2 м (рис. 2).

Модульная конструкция АНПА «Gavia» обеспечивает быструю установку модулей с учетом решения предстоящих задач в полевых условиях. В зависимости от комплектации аппарат массой 49–78 кг способен действовать на глубинах 500 или 1000 м с максимальной скоростью до 5,5 узлов в течение 4–7 часов автономно.



Рис. 2. АНПА «Gavia»

По своим конструктивным особенностям: торпедообразная форма корпуса и малые габариты, такие АНПА в системе подводного наблюдения относятся к малоразмерным и мало отражающим гидролокационным целям, обнаружение которых, тем более слежение за их деятельностью сопряжено с высокими трудностями, особенно в условиях мелководья. Исключительно актуальным представляется вопрос оценки эхо-портретов АНПА, в особенности при использовании сложных зондирующих сигналов. Авторами работы применен подход к описанию вторичного поля целей, базирующийся на работах [6–9].

Ниже приведены некоторые результаты экспериментальных лабораторных исследований макетов АНПА в части гидролокационного отражения, полученные в исследовательском бассейне НИЦ РЭВ и ФИР ВМФ с использованием методики проведения испытаний и измерительного стенда, аналогичных описанным в [10], но для случая моностатической гидролокации.

На рис. 3 показана диаграмма отражательной способности АНПА типа «Gavia» в зависимости от угла ее облучения. Уровни отражательной способности на рисунке указаны в значениях эквивалентного радиуса отражения  $R_e$ . Как видно из диаграммы, на встречных носовых и кормовых углах значения эквивалентных радиусов отражения АНПА не превышают 0,15–0,25 м, что сопоставимо с эквивалентным радиусом отражения подводного пловца, и только на бортовых углах в ограниченном секторе, шириной около  $10^\circ$ , значения  $R_e$  достигают 1–2 м.

Учитывая практику обнаружения подводных пловцов, обнаружение АНПА с такими эквивалентными радиусами в условиях мелкой воды при наличии реверберационных помех существенно затруднено.

Существующие методы борьбы с реверберационной помехой на мелководье в гидролокационных станциях обнаружения малоразмерных целей не в полной мере обеспечивают современные требования [11]. Так же и гидролокаторы поиска подводных пловцов, основанные на применении сложных широкополосных сигналов с высокой разрешающей способностью, в данном случае гидролокации АНПА малоэффективны.

Это связано с тем, что при сигналах с высоким пространственным разрешением (единицы и десятки сантиметров) отражение от АНПА в целом «рассыпается» на отражения от отдельных локальных элементов на его корпусе. Величина отражательной способности этих элементов еще меньше чем отражательная способность самого аппарата в целом.

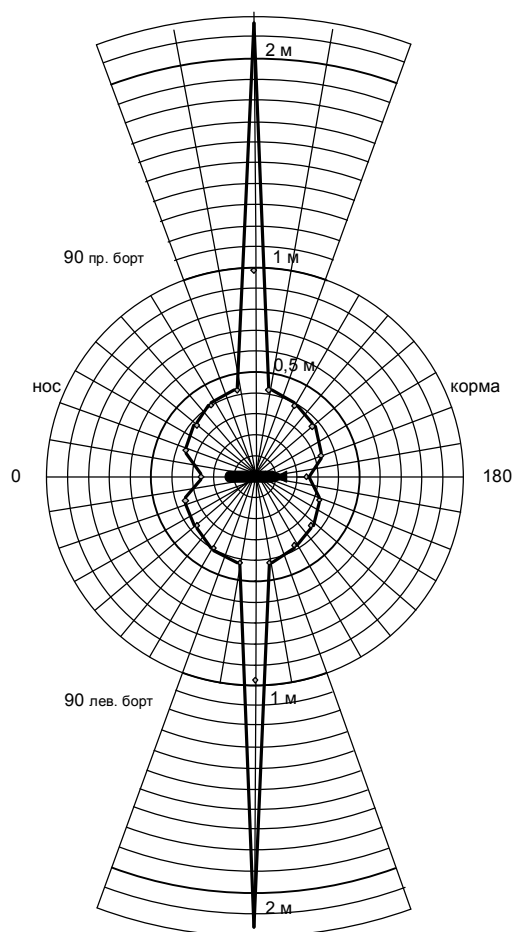


Рис. 3. Диаграмма эквивалентных радиусов отражения АНПА

На корпусе АНПА «*Gavia*» локальными источниками отражения являются (со стороны носа): сферический оголовок, цилиндрическая вставка корпуса, приборные модули в верхней и нижней части корпуса, кормовой модуль и винт в насадке.

При сигналах с высоким пространственным разрешением отраженный сигнал от АНПА характеризует пространственно-временное распределение отражательной способности по его длине и является фактически акустическим эхопортретом АНПА.

В табл. 1 приведены амплитудно-временные характеристики эхопортретов АНПА типа «*Gavia*» на различных углах облучения для двух диапазонов частот гидролокации. В числителе указаны значения отражательной способности его локальных источников, а в знаменателе соответствующие временные задержки их отражения, отсчитываемые от ближайшего к гидролокатору отражателя АНПА.

Таблица 1

## Много-ракурсные эхопортреты АНПА «Gavia»

Угол облучения φ, град	отражательная способность, м					
	задержка отражателя, мс					
	Диапазон частот, кГц					
	40±10			80±20		
0	<u>0,1</u> 0	<u>0,1</u> 0,26	<u>0,15</u> 1,2	<u>0,1</u> 0	<u>0,12</u> 0,26	<u>0,16</u> 1,2
20	<u>0,1</u> 0	<u>0,15</u> 0,25	<u>0,1</u> 0,9	<u>0,15</u> 1,1	<u>0,08</u> 2,3	<u>0,1</u> 0
40	<u>0,1</u> 0	<u>0,15</u> 0,2	<u>0,16</u> 0,9	<u>0,1</u> 1,0	<u>0,09</u> 1,8	<u>0,1</u> 0
60	<u>0,1</u> 0	<u>0,2</u> 0,13	<u>0,18</u> 0,5	<u>0,1</u> 0,9	<u>0,03</u> 1,15	<u>0,1</u> 0
80	<u>0,1</u> 0	<u>0,15</u> 0,05	<u>0,28</u> 0,21	<u>0,07</u> 0,23	<u>0,1</u> 0	<u>0,18</u> 0,05
90	<u>2,0</u> 0				<u>3,0</u> 0	
100	<u>0,24</u> 0	<u>0,2</u> 0,05	<u>0,11</u> 0,19	<u>0,1</u> 0,2	<u>0,34</u> 0	<u>0,2</u> 0,05
120		<u>0,2</u> 0	<u>0,18</u> 0,6	<u>0,15</u> 0,9	<u>0,24</u> 0	<u>0,21</u> 0,6
140	<u>0,12</u> 0	<u>0,15</u> 0,2	<u>0,07</u> 0,8	<u>0,1</u> 1,0	<u>0,15</u> 1,4	<u>0,1</u> 0
160	<u>0,14</u> 0	<u>0,07</u> 0,25	<u>0,1</u> 1,1	<u>0,15</u> 1,7	<u>0,17</u> 0	<u>0,07</u> 0,25
180	<u>0,15</u> 0				<u>0,17</u> 0	

Основной информационной составляющей эхопортретов АНПА является их пространственно-временная протяженность, за исключением узких секторов со стороны нос, кормы и бортовых аспектов. Это позволяет в условия контроля подводной обстановки достаточно эффективно отличить АНПА от других целей типа: подводный пловец (дайвер), морское животное (дельфин, нерпа, крупная рыба), являющихся локальными отражателями.

Сопутствующим классификационным признаком для отличия АНПА от других обнаруженных целей также может служить траекторный признак движения, связанный с целевой функцией движения АНПА.

Траектория (трасса) движения АНПА, заданная программой, в акватории с привязкой к карте местности имеет важное значение для последующего обследования мест нахождения АНПА с целью нейтрализации возможных диверсионных действий.

За рубежом ведутся интенсивные работы по созданию гидроакустических станций (ГАС) для обнаружения и сопровождения малоразмерных целей. Наибольший интерес представляют активные ГАС, разработанные израильской компанией DSIT SolutionsLtd: PointShield (сравнима по характеристикам с опускаемыми ГАС обнаружения подводных пловцов) и гидроакустическая система обеспечения безопасности акватории AquaShield [12, 13].

Из отечественных средств контроля за подводной обстановкой с трассовой индикацией движения АНПА в настоящее время могут быть использованы гидроакустические станции коммерческого назначения «Нерпа-М» (для морских акваторий) и «Трал-М (для пресноводных акваторий) производства ОАО «Тетис Про» [14].

Особенностью этих станций является использование оригинальных методов пространственно-временной обработки сигналов [15, 16], позволяющей надежно обнаруживать малоразмерные цели в сложных условиях реверберационных помех и позиционировать их на контролируемом участке акватории. Кроме того, применены современные методы трассового анализа [17, 18] и обработки изображений протяженных объектов с использованием элементов теории распознавания образов [19, 20].

На рис. 4 показана типовая картина индикатора стационарной ГАС «Нерпа-М» с отображением текущего места положения обнаруженной цели (подводный пловец) и трассы ее движения.

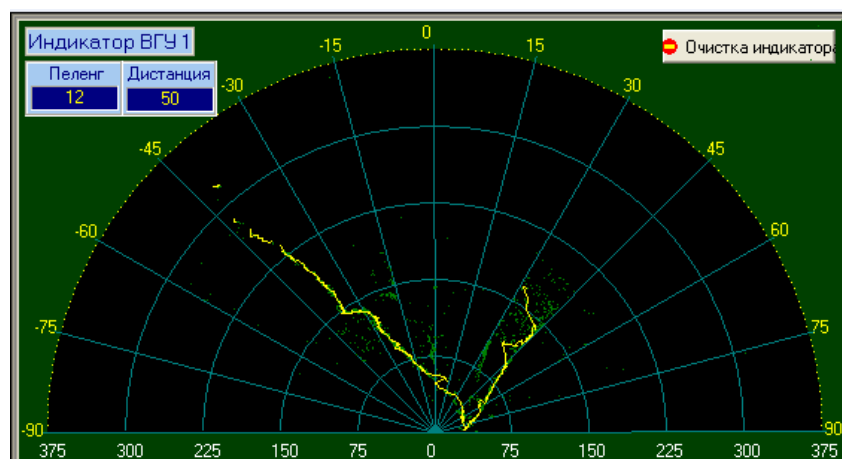


Рис. 4. Индикация трассы движения цели

На сегодняшний день СГАС «Нерпа-М» и «Трал-М» используются для мониторинга акваторий российских АЭС, АЭС Ирана и на различных оперативно-важных участках акваторий силовых структур России.

#### Выводы:

1. Приведены экспериментально полученные диаграммы отражательной способности АНПА типа «Gavia» в зависимости от угла облучения.
2. Несмотря на малую отражательную способность АНПА, представляется реальная техническая возможность контролировать их деятельность на акватории и нейтрализовать в случае явных угроз экологического характера.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сиденко К.С., Голобоков С.А. Защита портов и одиночных судов с помощью необитаемых подводных аппаратов // Морской флот. – 2008. – № 5. – С. 28.
2. Гаврилкин С.Н. Основные направления развития и существующие проблемы создания подводной робототехники «двойного» назначения // Труды Всемирной морской технологической конференции. – СПб., 2012. – С. 18-20.
3. Бочаров Л.Ю. Необитаемые подводные аппараты: состояние и общие тенденции развития // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2009. – № 7.

4. Синяков А. С., Чернов Г. В., Сачава С. И., Чернов В. П. Принципы построения системы наблюдения в интересах охраны морских и прибрежных объектов // Тезисы докладов Всемирной технологической конференции. – СПб., 2012. – С. 95-96.
5. Скрипак В.И., Стракович В.В. Активные гидроакустические станции обнаружения подводных пловцов // Обзорение армии и флота. – 2007. – № 6. – С. 50.
6. Фридман А. Изображение формы тела с помощью звуколокационной или радиолокационной системы // Зарубежная радиоэлектроника. – 1963. – № 8. – С. 43-64.
7. Freedman. Recent Approaches to Echo-Structure Theory // JASA. – 1964. – Vol. 36. – P. 2000 (A).
8. Freedman. A Mechanism of Acoustic Echo Formation // Acoustica. – 1962. – Vol. 12. – P. 10.
9. Neubauer W.G. A Summation Formula for Use in Determining the Reflection of Irregular Bodies // JASA. – 1963. – Vol. 35. – P. 279.
10. Илларионов А.А., Козловский С.В., Чернов В.П. Экспериментальная оценка бистатистической силы цели при различных видах зондирующих сигналов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 9 (146). – С. 160-165.
11. Каблов Г.П., Яковлев А.Н. Гидролокаторы ближнего действия. – Л.: Судостроение, 1983. – 200 с.
12. URL: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/1312355/.06.04.2015>.
13. URL: <http://www.akvilona.ru/news/.06.04.2015>.
14. URL: <http://www.tetis-ks.ru/.06.04.2015>.
15. Чернов В.П. Использование цифровой пространственно-временной обработки сигналов в активных гидроакустических системах / В кн. «Подводные технологии и средства освоения Мирового океана». – М.: ЗАО Издательский дом «Оружие и технологии», 2011. – С. 382-383.
16. Патент на изобретение № 2271551 от 20.02.2004. Способ обнаружения подводных объектов и устройство для его осуществления / Кацуба Д.Д., Меркачев Н.В., Мутьев А.В., Скрипак В.И., Чернов В.П. МПК G01S 15/87.
17. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. – М.: Радио и связь, 1986. – С. 108-116.
18. Рокотов С.П., Титов М.С. Обработка гидроакустической информации на судовых ЦВМ. – Л.: Судостроение, 1979. – 168 с.
19. Пересада В.П. Автоматическое распознавание образов. – Л.: Энергия, 1970. – 92 с.
20. Вострецов А.Г., Куинир В.И., Яковлев А.Н. Обработка растровых изображений протяженных объектов // Автоматика и вычислительная техника. – 1981. – № 6. – С. 63-65.

## REFERENCES

1. Sidenko K.S., Golobokov S.A. Zashchita portov i odinochnykh sudov s pomoshch'yu neobitaemykh podvodnykh apparatov [Protecting harbors and ships using single unmanned underwater vehicles], *Morskoy Flot* [Marine Fleet], 2008, No. 5, pp. 28.
2. Gavrilkin S.N. Osnovnye napravleniya razvitiya i sushchestvuyushchie problemy sozdaniya podvodnoy robototekhniki «dvoynogo» naznacheniya [The main directions of development and the challenges of creating an underwater robot "double" destination], *Trudy Vsemirnoy morskoy tekhnologicheskoy konferentsii* [Proceedings of the World Maritime Technology Conference]. St. Petersburg, 2012, pp. 18-20.
3. Bocharov L.Yu. Neobitaemye podvodnye apparaty: sostoyanie i obshchie tendentsii razvitiya [Unmanned underwater vehicles: the state and the general trend of development], *Elektronika: Nauka, tekhnologiya, biznes* [Electronics: Science, Technology, Business], 2009, No. 7.
4. Sinyakov A.S., Chernov G.V., Sachava S.I., Chernov V.P. Printsipy postroeniya sistemy nablyudeniya v interesakh okhrany morskikh i pribrezhnykh ob"ektov [Principles of Constructing System in the Interests of Protection of Offshore and Coastal Objects], *Tezisy dokladov Vsemirnoy tekhnologicheskoy konferentsii* [World Maritime Technology Conference, WMTC 2012]. St. Petersburg, 2012, pp. 95-96.
5. Skripak V.I., Strakovich V.V. Aktivnye gidroakusticheskie stantsii obnaruzheniya pod-vodnykh plovtsov [Active sonar station detection divers], *Obozrenie armii i flota* [Review of the Army and Navy], 2007, No. 6, pp. 50.



6. *Fridman A.* Izobrazhenie formy tela s pomoshch'yu zvukolokatsionnoy ili radiolokatsi-onnoy sistemy [Image body shape with the help of a radar system or zvukolokatsionnoy], *Zarubezhnaya radioelektronika* [Foreign radioelectronics], 1963, No. 8, pp. 43-64.
7. *Freedman.* Recent Approaches to Echo-Structure Theory, *JASA*, 1964, Vol. 36, pp. 2000 (A).
8. *Freedman.* A Mechanism of Acoustic Echo Formation, *Acoustica*, 1962, Vol. 12, pp. 10.
9. *Neubauer W.G.* A Summation Formula for Use in Determining the Reflection of Irregular Bodies, *JASA*, 1963, Vol. 35, pp. 279.
10. *Illarionov A.A., Kozlovskiy S.V., Chernov V.P.* Eksperimental'naya otsenka bistaticheskoy sily tseli pri razlichnykh vidakh zondiruyushchikh signalov [Experimental evaluation of bistatic target strength of a complex object at different types of probing signals], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 9 (146), pp. 160-165.
11. *Kablov G.P., Yakovlev A.N.* Gidrolokatory blizhnego deystviya [Sonars in the middle of the action]. Leningrad: Sudostroenie, 198, 200 p.
12. Available at: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/1312355/> (Accessed 06 April 2015).
13. Available at: <http://www.akvilona.ru/news/> (Accessed 06 April 2015).
14. Available at: <http://www.tetis-ks.ru/> (Accessed 06 April 2015).
15. *Chernov V.P.* Ispol'zovanie tsifrovoy prostranstvenno-vremennoy obrabotki signalov v aktivnykh gidroakusticheskikh sistemakh [Using space-time digital signal processing in active sonar systems], *V kn. «Podvodnye tekhnologii i sredstva osvoeniya Mirovogo okeana»* [In. "Underwater technologies and development of the oceans"]. Moscow: ZAO Izdatel'skiy dom "Oruzhie i tekhnologii", 2011, pp. 382-383.
16. *Kashuba D.D., Merkachev N.V., Mut'ev A.V., Skripak V.I., Chernov V.P.* Sposob obnaruzheniya podvodnykh ob"ektov i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [A method for detecting underwater objects and device for its implementation]. Patent RF № 2271551 from 20 February 2004. MPK G01S 15/87.
17. *Kuz'min S.Z.* Osnovy proektirovaniya sistem tsifrovoy obrabotki radiolokatsionnoy informatsii [Basics of designing systems for digital processing of radar data]. Moscow: Radio i svyaz', 1986, pp. 108-116.
18. *Rokotov S.P., Titov M.S.* Obrabotka gidroakusticheskoy informatsii na sudovykh TsVM [Processing of hydroacoustic data on marine digital computer]. Leningrad: Sudostroenie, 1979, 168 p.
19. *Peresada V.P.* Avtomaticheskoe raspoznavanie obrazov [Automatic pattern recognition]. Leningrad: Energiya, 1970, 92 p.
20. *Vostretsov A.G., Kushnir V.I., Yakovlev A.N.* Obrabotka rastroykh izobrazheniy protyazhennykh ob"ektov [Processing raster images of extended objects], *Avtomatika i vychislitel'naya tekhnika* [Automation and Computer Engineering], 1981, No. 6, pp. 63-65.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. В.С. Майоров.

**Илларионов Алексей Александрович** – Научно-исследовательский центр радиоэлектронного вооружения и формирования информационных ресурсов ВМФ; e-mail: [sk\\_tzse@mail.ru](mailto:sk_tzse@mail.ru); 196604, Санкт-Петербург-Пушкин, ул. Красной Звезды, 31; тел.: 88124652706; начальник отдела.

**Козловский Сергей Викторович** – с.н.с.; к.т.н.

**Чернов Владимир Павлович** – с.н.с.; к.т.н.

**Parionov Alexey Alexandrovich** – Scientific-research center of radio electronic equipment and formation of information resources of the Navy; e-mail: [sk\\_tzse@mail.ru](mailto:sk_tzse@mail.ru); 31, Red Stars street, Saint-Petersburg-Pushkin, 196604, Russia; phone: +78124652706; head of division.

**Kozlovski Sergey Viktorovich** – senior researcher; cand. of eng. sc.

**Chernov Vladimir Pavlovich** – senior researcher; cand. of eng. sc.