

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сорокин А.Л., Пельтихина Т.С.* Ламинариевые водоросли Баренцева моря. – Мурманск: ПИНРО, 1991. – 186 с.
2. *Гаврилов Е.Н., Пестриков В.В.* Экспериментальные исследования по определению отражательной способности морских макрофитов //Современные методы исследования запасов морских макрофитов: Сб. научных тр. – Мурманск: ПИНРО, 1992.– С.28–32.
3. *Shenderov E.L.* Some physical models for estimating scattering of underwater sound by algae. 1998. J. Acoust. Soc. Am. 104. P. 791– 800.
4. *Гаврилов Е.Н., Игнашкин В.А., Ратушный С.В.* Методическое пособие по использованию научного эхолота ЕК500. – Мурманск, ПИНРО, 2003. –134 с.
5. *Пронина О.А., Дегтев А.И., Кудрявцев В.И., Воробьев А.В.* Количественная оценка запасов макрофитов Белого моря гидроакустическим методом // Рыбное хозяйство. 2004. № 3. С. 36-39.
6. *Гаврилов Е.Н.* Оценка запасов морских водорослей в прибрежной зоне Баренцева моря гидроакустическим методом // Труды 9 Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». СПб., 2008. – С.422–428.
7. *Simmonds E., Williamson N., Gerlotto F. and Aglen A.* Survey design and analysis procedures: a comprehensive review of good practice. – ICES C.M. 1991/B 54. – 132 p.
8. *Johannsson K.F., Mitson R.B.* Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation//FAO Fisheries Technical Paper. Rome, 1983. – 249 p.

**Гаврилов Евгений Николаевич**

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО)

E-mail: [gavrilov@pinro.ru](mailto:gavrilov@pinro.ru)

183763, Россия, г. Мурманск, ул. Клиповича, 6, тел.: (8152) 47-35-82

Зав. лабораторией промысловой гидроакустики и подводных исследований

**Gavrilov Evgeny Nikolaevich**

Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO),

E-mail: [gavrilov@pinro.ru](mailto:gavrilov@pinro.ru)

6, Klipovicha, Murmansk, 183763, Russia, Ph: (8152) 47-35-82

Head of Laboratory of Fisheries Acoustics and Underwater Technologies

УДК 534. 222. 2

**В. Ю. Волощенко, В. В. Кобзев**

**ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОНИТОРИНГА  
ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ ГИДРОАЭРОДРОМА**

*Предложено для обеспечения безопасного взлета и приводнения в гидроавиации производить мониторинг приповерхностного слоя взлетно-посадочной полосы гидроаэродрома с помощью параметрических гидроакустических средств подводного наблюдения.*

*Гидроавиация; мониторинг взлетно-посадочной полосы гидроаэродрома; параметрические средства подводного наблюдения.*

**V.Y. Voloshchenko, V.V. Kobzev**

### **THE HYDROACOUSTIC SONAR TECHNIQUE FOR SEADROME'S WATER LANDING STRIP MONITORING**

*The providing of boatplane's safety water landing, sailing and maneuvering by means of the parametric sonar monitoring of water area seadrome is considered.*

*Hydroaviation; monitoring of water landing strip; parametric sonar.*

Национальная транспортная сеть России, в частности, ее внутренняя и шельфовая водная транспортная система позволяет осуществить перспективный вариант социально-экономического развития регионов страны за счет расширения эксплуатационно-транспортных возможностей составляющих ее естественных и искусственных водоемов (реки, озера, водохранилища, морской шельф), что станет, в частности, весомым вкладом в выполнение правительственной программы «Мониторинг окружающей среды, снижение риска и уменьшение последствий природных и техногенных катастроф». Россия обладает уникальной водной транспортной инфраструктурой: сеть крупных рек (около 35, причем, общая протяженность пригодных для судоходства составляет около 500 тыс. км, а общая площадь бассейна крупнейших свыше 20 млн кв. км), впадающих в мелководные моря, как Арктического шельфа, так и юга страны, дополняемая озерами и водохранилищами (более 2 млн, из которых общая площадь только крупнейших озер составляет свыше 80 тыс. кв. км), что позволяет в дополнение к имеющемуся сезонному судоходству сформировать сеть круглогодичных гидроаэродромов и речных трасс амфибийной (гидросамолеты, экранопланы, суда на воздушной подушке) транспортной системы страны, увязывающих пассажирские и грузовые потоки различных видов транспорта [1]. Гидроаэродром – специально подготовленный водный участок и прилегающая прибрежная территория, включающие комплекс сооружений и оборудования для обеспечения эксплуатации воздушных амфибий, причем, подготовка сертифицированных гидроаэродромов с наземной инфраструктурой стоит на порядок дешевле, чем подготовка аэродромов для самолетов с колесным шасси: стоимость строительства аэродрома от 1,7млрд. руб. (класс Г) до 2,5млрд руб. (класс В), что подчеркивает экономическую целесообразность проекта. Таким образом, развитие внутренних воздушных перевозок посредством отечественной амфибийной летательной и транспортной техники обуславливает необходимость оборудования сети гидроаэродромов на акваториях естественных и искусственных внутренних водоемов страны, обеспечивающих достаточную безопасность маневрирования, как при взлете, так и посадке, а также сохранность авиационной техники. Важной составной частью обслуживания инфраструктуры гидроаэродрома является мониторинг водного объема взлетно-посадочной полосы с помощью гидроакустических средств ближнего подводного наблюдения как стационарно расположенных на дне, так и установленных на мобильных малогабаритных плавсредствах с целью своевременного обнаружения и уточнения как координат потенциально опасных объектов, так и характеристик их движения, измерения глубин и рельефа фарватеров, пресечения скрытных проникновений пловцов на территорию и т.д. Решение перечисленных задач может быть осуществлено при использовании специальной гидроакустической техники ближнего подводного наблюдения для

гидроавиации, проектирование и внедрение которой является актуальной научно-технической проблемой, так как для обслуживания и обследования подводной инфраструктуры гидроаэродромов существующая «линейная» гидроакустическая аппаратура с интерференционными антеннами малоприспособлена [2].

Необходимость разработки именно специализированной гидроакустической аппаратуры для воздушных амфибий обусловлена как сложностью круглосуточного дистанционного обнаружения плавающих на поверхности или притопленных объектов в условиях интенсивных акустических помех вблизи протяженных границ раздела «вода-воздух», «вода-дно» при геометрических размерах (длина ~2500 м, ширина ~200 м, глубина ~ от 3 м до 6 м) обследуемого приповерхностного водного слоя взлетно-посадочной полосы гидродрома, так и специфическими информационно-физическими свойствами обследуемой водной аэрированной среды.

Критическим размером естественных водоемов для гидроаэродромов является глубина, так как обычно она меньше горизонтальных размеров, а также потому, что границы раздела «вода-воздух» и «вода-дно» являются основными отражающими поверхностями. Боковые границы естественных водоемов обычно находятся на значительных расстояниях и имеют наклоны, образуя вместе с поверхностью раздела «вода-воздух» естественные клинообразные ловушки для локационных сигналов, песок, ил или грязь на дне частично поглощают звук при условии, что в них не содержится распадающегося органического вещества, образующего пузырьки газа. Например, условие свободного поля для натуральных акустических измерений считается полученным при следующих соотношениях глубин и частот сигналов: малые глубины, до 6 метров, - ультразвуковой диапазон частот, глубины (7,5 ÷ 15)м - верхняя часть диапазона звуковых частот и нижняя часть ультразвукового диапазона [3]. Для активной гидролокации в условиях гидроаэродромов данные значения частотных диапазонов являются «нижним» пределом, в то время как значение «верхнего» для локационной системы ближнего подводного наблюдения может обусловить необходимость обнаружения малоразмерных объектов, для которых площадь поперечного сечения обратного рассеяния пропорциональна  $1/\lambda^4$ , где  $\lambda$  – длина волны ультразвукового сигнала, т.е., например, решения такой задачи как дистанционный контроль состояния стационарных подводных крупноячеистых сеточных заграждений акваторий гидроаэродромов, закрытых гаваней и т.д., которые практически «акустически невидимы» в традиционном гидроакустическом диапазоне частот.

Горизонтальные размеры гидроаэродрома (длина ~2500 м, ширина ~200м) и величины геометрической дальности действия в ультразвуковом диапазоне частот используемых систем активной локации позволяют предложить «сетчатое» расположение нескольких стационарно установленных придонных приемно-излучающих гидроакустических антенн, с помощью которых осуществляется под некоторым углом скольжения эхопоиск в направлении «снизу-вверх». Ограниченность приповерхностного водного объема мелководья, перемешивающее воздействие ветрового волнения и течений, разнонаправленное влияние силы Архимеда и гравитационного поля и т.д. обусловят накопление в обследуемом слое опасных для скоростного режима движения амфибийных транспортных средств и маломерного судоходства объектов. В данных условиях задача гидролокационного обнаружения осложнена малой площадью поперечного сечения обратного рассеяния объектов, их небольшой скоростью перемещения относительно водной среды, наличием комплекса помех, из которых наиболее существенными являются реверберационные, структурные и взаимного влияния однотипных гидролокационных

модулей-излучателей, применяемых в многопозиционных системах подводного наблюдения при работе в одной акватории. Проблема взаимного влияния однотипных активных гидролокационных систем эффективно не решена, причем, амплитуда прямого излучения зондирующего ультразвука соседнего антенного блока может на несколько порядков превышать амплитуду полезного эхосигнала от объекта. В существующих гидроакустических системах с «традиционными» узкополосными интерференционными антеннами данную проблему пытаются решить либо разносом по частоте зондирующих сигналов разных станций, либо разносом по времени, т.е. изменением периода повторения излучения импульсов. Оператор гидроакустической службы гидроаэродрома должен иметь возможность осуществления как последовательного во времени независимого обзора отдельных частей водного объема на определенной частоте ультразвукового сигнала, так и согласованного по направлению и во времени параллельного обзора всего объема взлетно-посадочной полосы на разных частотах ультразвуковых сигналов, что позволит ослабить акустические помехи взаимного влияния, причем, в более глубоких частях акватории, например, прилегающих к открытому морю, возможно применение более низкочастотных сигналов, а в прибрежье – высокочастотных. Наличие близлежащих протяженных границ раздела накладывает ограничения на использование в данных условиях «традиционных» интерференционных узкополосных антенн, обладающих значительным уровнем бокового поля и протяженной длиной ближней зоны, что позволяет сделать вывод об их низкой эффективности при решении задачи обнаружения потенциально опасных объектов, находящихся в мелководном объеме взлетно-посадочной полосы гидроаэродрома.

От ряда перечисленных недостатков свободны локационные системы с параметрическими излучающими антеннами, формирующими в водной среде одновременно несколько соосных разночастотных акустических полей – накачки  $f_1, f_2$ , сигналов разностной частоты  $F = |f_2 - f_1|$  и суммарной частоты  $f_+ = f_1 + f_2$ , вторых гармоник накачки  $2f_1, 2f_2$  [4]. Таким образом, целесообразность применения для решения рассмотренных задач именно нелинейных эффектов в водной среде очевидна, так как излучающая параметрическая антенна позволяет разделить в пространстве процессы преобразования электрической энергии в акустическую и формирования направленного излучения формирующихся спектральных компонент, в результате чего при небольших поперечных размерах электроакустического преобразователя накачки удастся получить излучение акустических сигналов различных частот  $F = f_2 - f_1$ ,  $f_+ = f_2 + f_1$ ,  $2f_1, 2f_2$  в пределах небольших телесных углов при практически полном отсутствии бокового поля.

В условиях мелководных акваторий гидроаэродромов на получение данных о подводной обстановке отрицательное воздействие будет оказывать аэрация водной среды, обуславливающая повышенное затухание ультразвуковых сигналов в условиях мелководья. Мощные воздействия на приповерхностный водный слой водоема – взлет, приводнение гидросамолета интенсифицируют указанные процессы в значительной степени, добавляя такой дополнительный фактор повышения затухания ультразвука как взвешенные твердые частицы в воде. Например, по приведенным в [5] расчетным данным в диапазоне частот (0,01 – 1) МГц резонируют пузырьки с радиусами от 330 мкм до 3,3 мкм, имеющие плавно убывающую скорость всплытия  $\approx$  от  $10^{-1}$  м/с до  $10^{-5}$  м/с соответственно, что означает их достаточно длительное пребывание в воде после взлета или приводнения гидросамолета. При отсутствии столь мощных внешних воздействий в широком диапазоне изменений естественных гидрометеорологических условий в водной среде приповерх-

ностных слоев морей наблюдается стабильный максимум гистограммы распределения воздушных пузырьков в зависимости от их размеров, который соответствует радиусам (100 – 200) мкм {резонансные частоты (32 – 18) кГц}. В связи с тем, что толщина слоя, содержащего воздушные пузырьки, не превышает обычно (10-15) метров, ослабление ультразвука будет сильнее при горизонтальном эхопоиске, чем в случае вертикального зондирования. Так, по результатам экспериментов при горизонтальном зондировании на морском мелководье коэффициент затухания ультразвука  $\alpha$  составлял (20,30, 43 и 120) дБ/км на частотах (28,100,200 и 400) кГц соответственно, в то время как при вертикальном эхолотировании – (10 и 50) дБ/км на частотах (200 и 400) кГц соответственно.

Мониторинг водного объема взлетно-посадочной полосы гидроаэродрома будет осложнен маскирующим действием гидроакустических шумов, причем, основную роль играют как собственные шумы водоемов в режиме акустической тишины, так и гидродинамические шумы движущегося гидросамолета (мобильных малогабаритных плавсредств), энергетически суммирующиеся с шумом от воздушных винтов, турбин и т.д. Причинами возникновения собственных шумов водоемов являются волнение водной поверхности, течение, дождь, береговой прибой, тепловое возбуждение воды, а также звуковые колебания, создаваемые различными механизмами, работающими как в воде, так и на берегу, причем, результаты множества натурных экспериментов показывают, что большинство перечисленных источников шума являются относительно низкочастотными, а на частотах свыше 100 – 200 кГц доминирующим становится тепловой шум [5].

Представленный выше анализ позволяет сделать вывод о том, что параметрические гидроакустические средства подводного наблюдения имеют неплохие перспективы для решения актуальных задач обеспечения безопасного взлета и приводнения в гидроавиации, амфибийные транспортные средства которой вполне отвечают современным экологическим требованиям по снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду: не создают интенсивного волнения, размывающего берега водоемов, не требуют отчуждения значительных площадей для обустройства аэродромов.

Отличительной особенностью параметрических гидроакустических средств является возможность формирования в водной среде как низкочастотных, так и высокочастотных спектральных компонент, характеристики акустических полей которых позволяют оператору гидроакустической службы гидроаэродрома адаптировать тактико-технические характеристики системы активной локации к сложным условиям эксплуатации [6].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соколянский В.П., Морозов В.П., Долгополов А.А., Захарченко Ю.А. Амфибийная летательная и транспортная техника для труднодоступных регионов России // Сб. докладов VII научной конференции по гидроавиации «Гидроавиасалон-2008», ч.10-17. – М.: ЦАГИ, 2008. – С.96 – 101.
2. Волощенко В.Ю., Тимошенко В.И., Волков С.В., Панченко П.В., Волков А.С. Акустическая локационная система ближнего действия для самолетов-амфибий // Сб. докладов VII научной конференции по гидроавиации «Гидроавиасалон-2008». Ч.2. – М.: ЦАГИ, 2008. – С.96 – 101.
3. Боббер Р.Дж. Гидроакустические измерения. – М.: Мир, 1974. – 362 с.
4. Пат. № 75060 РФ G01S 15/00 Акустическая локационная система ближнего действия / Волощенко В.Ю., Волков С.В., Максимова И.В., Волков А.С.(РФ). – От-

- крытое Акционерное общество Таганрогский научно-технический комплекс им. Г.М. Бериева (РФ). – №2008109361/22; Заявл. 11. 03. 2008; Оpubл. 20.07. 2008, Бюл №20. – 6 с.
5. Яковлев А. Н., Каблов Г. П. Гидролокаторы ближнего действия. – Л.: Судостроение, 1983. – 200 с.
6. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 400 с.

**Волощенко Вадим Юрьевич**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: [Vigcorp@mail.ru](mailto:Vigcorp@mail.ru)

347935, Россия, г. Таганрог, ул. Чехова, д. 154 А, кв. 10, тел.: 8(8634)37-17-95

**Кобзев Виктор Викторович**

ЗАО «БЕТА ИР»

E-mail: [v.kobzev@beta-air.com](mailto:v.kobzev@beta-air.com)

347928, Россия, г. Таганрог, ул. Шмидта, д. 16, тел.: 8(8634)37-17-95

**Voloshchenko Vadim Yurievich**

Taganrog Institute of Technology - Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”

E-mail: [Vigcorp@mail.ru](mailto:Vigcorp@mail.ru)

Flat 10, corp. A, № 154, Chekhov Street, Taganrog, 347935, Russia

Ph: +7(8634)37-17-95

**Kobzev Victor Viktorovich**

ETA AIR JSC

E-mail: [v.kobzev@beta-air.com](mailto:v.kobzev@beta-air.com)

16, Shmidta Str., Taganrog, 347928, Russia, Ph: +7(8634)37-17-95

УДК 551.46+574.58

**В. В. Колесниченко, В. Б. Митько**

**ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МЕЛКОВОДНЫХ РАЙОНОВ В  
ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*В данной статье говорится о воздействии трубопроводов и работ, ведущихся на шельфе и в Балтийском море, на окружающую среду. Целью данной статьи является обоснование необходимости создания гидроакустического комплекса для мониторинга мелководных районов и предложение одного из возможных вариантов такой системы.*

*Экология; шельф; Балтийское море; трубопровод; диагностический комплекс; параметрический гидролокатор бокового обзора.*

**V. V. Kolesnichenko, V. B. Mitko**

**HYDROPHYSICAL MONITORING OF SHALLOW WATER REGIONS FOR  
GOALS OF ECOLOGICAL SAFETY GUARANTEEING**