

6. *Абрамова А.Г., Плуготаренко Н.К., Петров В.В., Маркина А.В.* Системный подход к разработке концепции экологического мониторинга промышленных городов // Инженерный вестник Дона [электронный журнал]. – 2012. – № 4/2. – [www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1342](http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1342).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.А. Витиска.

**Забалуева Алла Игоревна** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: [zabaluevaai@mail.ru](mailto:zabaluevaai@mail.ru); 347900, г. Таганрог, ул. Чехова, 2; тел.: 888634371624; кафедра химии и экологии; к.п.н.; доцент.

**Плуготаренко Нина Константиновна** – e-mail: [plugotarenko@mail.ru](mailto:plugotarenko@mail.ru); кафедра химии и экологии; к.т.н.; доцент.

**Бахмацкая Александра Игоревна** – e-mail: [emeraldi92@mail.ru](mailto:emeraldi92@mail.ru); кафедра химии и экологии; студентка.

**Zabalueva Alla Igorevna** – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: [zabaluevaai@mail.ru](mailto:zabaluevaai@mail.ru); 2, Tchechov street, Taganrog 347900, Russia; phone: +78634371624; the department of chemistry and ecology; cand. of ped. sc.; associat professor

**Plugotarenko Nina Konstantinovna** – e-mail: [plugotarenko@mail.ru](mailto:plugotarenko@mail.ru); the department of chemistry and ecology; cand. of eng. sc.; associat professor.

**Bahmatskaya Alexandra Igorevna** – e-mail: [emeraldi92@mail.ru](mailto:emeraldi92@mail.ru); the department of chemistry and ecology; student.

УДК 621.372.54

**А.И. Демидов, Р.Ш. Комочков, А.В. Скнаря, С.А. Тошов**

### **О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГИДРОЛОКАЦИИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ**

*Начиная с 90-х гг. прошлого века за рубежом проводятся активные исследования в области разработки широкополосных технологий в гидролокации, вызванные необходимостью улучшения технических характеристик различных типов гидролокаторов. В докладе приводятся экспериментальные данные, полученные в ходе проведения испытаний макета гидролокатора со сверхширокополосным зондирующим линейно-частотно-модулированным сигналом на полигоне ОАО «НИИП». Натурные испытания показали преимущества и перспективность использования в качестве зондирующего сигнала сверхширокополосного сигнала.*

*Широкополосные технологии; сверхширокополосные сигналы; линейно-частотно-модулированный сигнал.*

**A.I. Demidov, R.Sh. Komochkov, A.V. Sknarya, S.A. Toschov**

### **PROSPECTS OF USING ULTRA WIDE BAND PROBE SIGNALS IN SONARS**

*Active investigations of broadband sonar technologies abroad have been started since 90th years of the last century caused by the necessity of improving the technical characteristics of the different sonar types. This paper presents results of field experiments obtained at the test field of JSC «NIP» with the model of the sonar using ultra wideband linear frequency modulated probe signals. Field tests demonstrated the advantages and prospects of using ultra wideband signals as a probe signals.*

*Wideband technologies; ultra wideband signals; linear frequency modulated signal.*

В последние два десятилетия двадцатого века за рубежом в ряде ведущих стран были начаты интенсивные исследования и разработки в области применения сверхширокополосных сигналов (СШПС) в различных радиоэлектронных системах таких, как радиолокация, связь и средства радиоэлектронной борьбы. Эти исследования активно проводятся и в XXI в.

Подобные исследования и разработки за рубежом были начаты и в гидролокации и к середине 90-х гг. прошлого века уже были достигнуты первые успехи [1].

Что касается гидролокации, то актуальность и важность проведения данных исследований определялась необходимостью получения максимально возможной информации об обстановке на водном пространстве нашей планеты, в том числе и при освещении подводной обстановки. При этом наиболее эффективно данная задача решается с помощью гидроакустических систем (ГАС). Однако для этого технические характеристики ГАС такие, как дальность действия, разрешающая способность, помехоустойчивость должны быть существенно улучшены.

На сегодня можно сказать, что существуют два пути решения данной задачи. Первый путь предполагает дальнейшее использование для улучшения технических параметров ГАС узкополосных зондирующих сигналов, а второй путь – использование упомянутых выше сверхширокополосных зондирующих сигналов (СШПС). В этой связи следует отметить, что на сегодня имеет место быть два одновременно существующих этих процесса [2].

В связи с выше сказанным следует отметить, что использование в качестве зондирующих сигналов узкополосных сигналов в гидролокаторах для улучшения их технических характеристик возможно, однако это не приведет к существенному улучшению технических характеристик ГАС. Это относится к решению извечной дилеммы «высокое разрешение – большая дальность действия», к помехоустойчивости, а также решению задачи распознавания целей.

Так при использовании узкополосных зондирующих сигналов улучшение разрешения по дальности, определяемое как известно полосой зондирующего сигнала [3], неизбежно требует использования более высокой рабочей частоты гидролокатора, а это, в свою очередь, из-за увеличения затухания, также неизбежно приведет к уменьшению его дальности действия [4].

Использование для решения этой проблемы сложных узкополосных зондирующих сигналов типа ЛЧМ решает эту проблему, но не в полной мере [5].

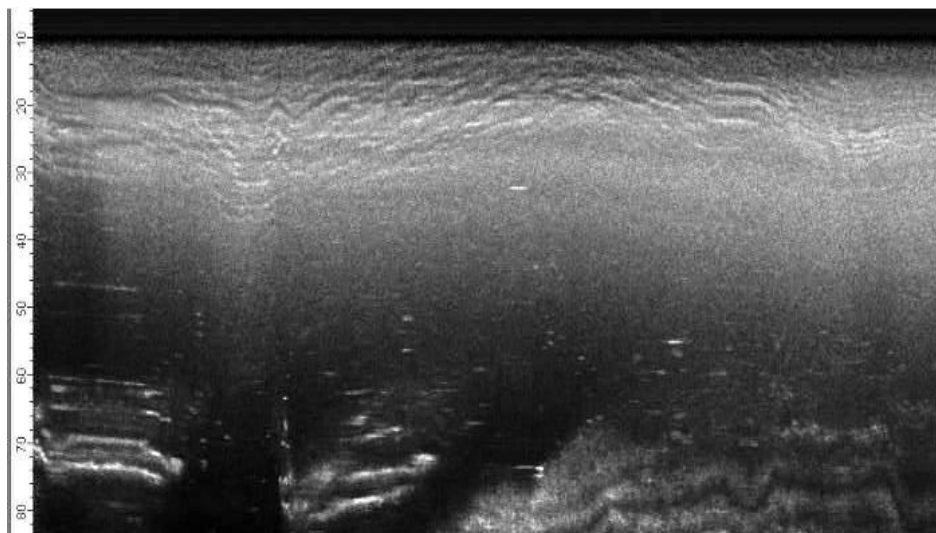
В то же время существенно более кардинальное решение данной задачи может быть найдено, если идти по второму пути, что было подтверждено в результате исследований, проведенных в 2007 в ИРЭ РАН (г. Москва) [6]. В данной работе было предложено использовать в качестве зондирующего сигнала СШПС, сформированного в низкочастотной области рабочих частот. В этом случае за счет широкого спектра сигнала достигается высокое разрешение по дальности, а за счет использования низких рабочих частот увеличивается дальность действия гидролокатора.

Для проверки на практике результатов данных исследований, а также для решения ряда других задач, связанных с применением СШПС в активной гидролокации, в ОАО «НИИП» (г. Жуковский) совместно с ИРЭ РАН (г. Москва) был разработан макет гидролокатора. В данном макете в качестве зондирующего сигнала использовались различные типы сверхширокополосных сигналов, имеющих ширину спектра в полосе частот от 78 кГц и до 155 кГц, а в качестве приемопередающей антенны использовалась антенна, изготовленная в НПФ «Нелак» (г. Таганрог), со следующими основными параметрами: раскрыв диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях составлял, соответственно, 1,5 градуса и 40 градусов, а полоса пропускания по уровню 3 дБ – 78 кГц.

В ходе проведения натурных испытаний макета гидролокатора были проведены различные эксперименты, в ходе которых проводилось сравнение технических характеристик гидролокаторов при использовании узкополосных и СШП зондирующих сигналов. Учитывая ограничения данного доклада по объему далее будут приведены только некоторые из полученных результатов, относящиеся к использованию обоих типов сигналов в гидролокаторах бокового обзора (ГБО) и в гидролокаторах обзора толщи воды.

В первом случае было проведено сравнение акустического изображения поверхности дна реки Москва, полученного с помощью макета гидролокатора с СШП линейно-частотно-модулированным (ЛЧМ) сигналом, и акустического изображения дна реки, полученного с помощью высокочастотного серийного гидролокатора бокового обзора (ГБО) «Неман – ГБО-500», в котором в качестве зондирующего сигнала использовался узкополосный ЛЧМ сигнал с девиацией частоты 64 кГц и средней частотой 520 кГц. Длительности обоих сигналов были одинаковы.

На рис. 1 и 2 в качестве примера приведены акустические изображения поверхности дна, полученные, соответственно, с помощью макета гидролокатора с СШП ЛЧМ сигналом и ГБО «Неман ГБО-500» с узкополосным ЛЧМ зондирующим сигналом.



*Рис. 1. Акустическое изображение поверхности дна, полученное с помощью СШП ЛЧМ зондирующего сигнала*

На рис. 1 и 2 антенны ГБО двигались слева-направо, а по оси ординат отложена наклонная дальность в метрах.

Как следует из рис. 1 и 2 акустические изображения имеют примерно одинаковую детальность. Исходя из этого можно заключить, что разрешающие способности по дальности макета гидролокатора с СШП ЛЧМ-сигналом и ГБО «Неман ГБО-500» с узкополосным ЛЧМ-сигналом существенно не отличаются друг от друга.

На рис. 3 показана взаимокорреляционная функция одной из строк акустического изображения поверхности дна, полученного с помощью макета гидролокатора с СШП ЛЧМ-сигналом. На приведенном рисунке по оси абсцисс отложена наклонная дальность в метрах, а по оси ординат – амплитуда. Как следует из приведенного рис. 3 на расстоянии примерно 180 м отчетливо виден «хороший» корреляционный пик эхосигнала, отраженного от берега реки. При этом, судя по ам-

плитуде корреляционного пика, можно говорить о достаточно высоком энергетическом потенциале СШПС. В этой связи следует сказать, что максимальная наклонная дальность ГБО «Неман ГБО-500», полученная в результате многочисленных его испытаний, не превышает 180 м.

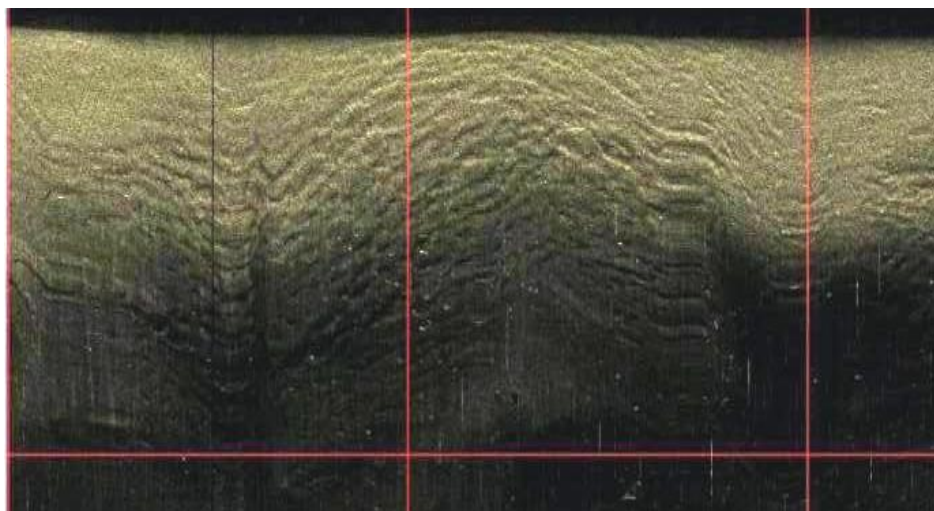


Рис. 2. Аакустическое изображение поверхности дна, полученное с помощью узкополосного ЛЧМ зондирующего сигнала

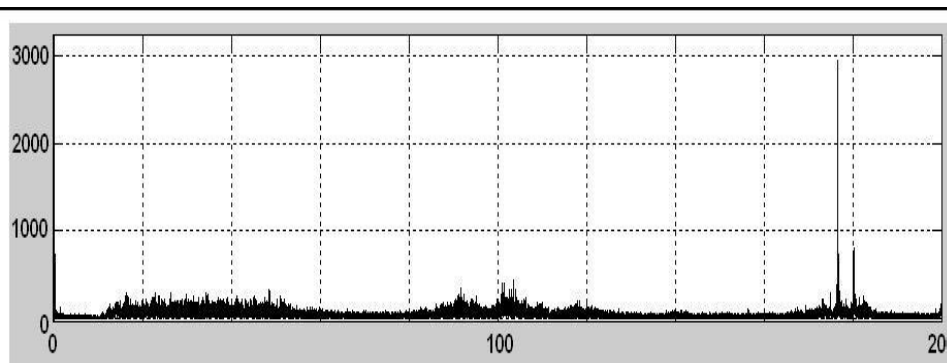


Рис. 3. Взаимокорреляционная функция одной из строк СШП эхо-сигнала

Таким образом, можно констатировать, что действительно применение в качестве зондирующего сигнала СШПС имеет преимущества перед узкополосным сигналом по такому параметру как «разрешение по дальности – максимальная дальность действия».

Решение еще одной из самых актуальных на сегодня задач – задача распознавания целей, может также служить примером преимущества использования СШПС перед узкополосными зондирующими сигналами. Дело в том, что для решения данной задачи при использовании узкополосных зондирующих сигналов в современных гидролокаторах в качестве признаков распознавания целей используются траекторные признаки и акустическое изображение цели. При этом в большинстве случаев, например, цели, расположенные на поверхности дна, именно акустическое изображение является первостепенным. Однако в ряде ситуаций,

как-то, в случае малоразмерных целей применение акустического изображения для решения данной задачи оказывается малоэффективным. В этих случаях необходимы дополнительные признаки, коими могут быть, например, форма тела или его материал.

Для ответа на данные вопросы на полигоне на Москве-реке были проведены эксперименты с различными типами зондирующих сигналов в режиме обнаружения цели, расположенной в толще воды. В данных экспериментах в качестве цели использовался толстостенный металлический цилиндр диаметром 160 мм и длиной 520 мм. При проведении экспериментов антенны гидролокаторов и сами гидролокаторы располагались на пирсе, а цель перемещалась с помощью лодки по акватории реки. В ходе проведения экспериментов использовался макет гидролокатора с СШП ЛЧМ зондирующим сигналом, а в качестве второго гидролокатора – серийный ГБО – «Неман – ГБО-100». В качестве зондирующего сигнала в ГБО «Неман-ГБО-100» использовался узкополосный ЛЧМ-сигнал с нижней частотой 79 кГц и девиацией частоты 12 кГц. Некоторые результаты экспериментов приведены на рис. 4 и 5.

На рис. 4, где по оси абсцисс отложена дальность в метрах, а по оси ординат амплитуда, показана ВКФ отраженного от цели эхосигнала при ее лоцировании узкополосным ЛЧМ-сигналом.

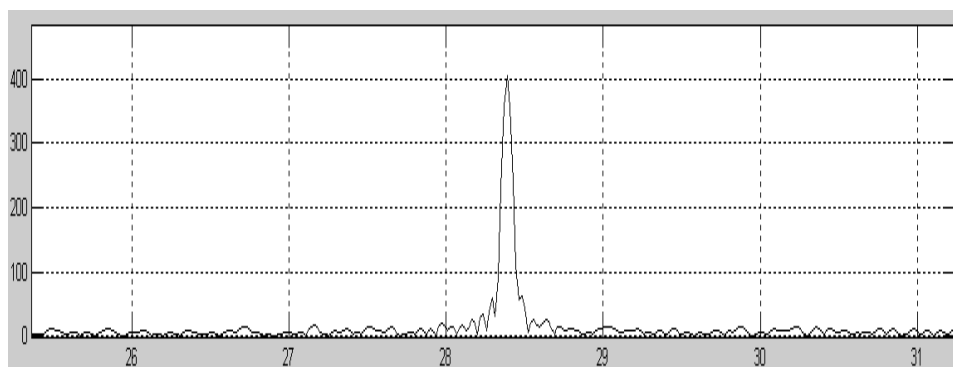


Рис. 4. Взамокорреляционная функция отраженного от цели узкополосного ЛЧМ-сигнала

На рис. 5 показаны, соответственно, спектр отраженного от цели сверхширокополосного ЛЧМ-сигнала (верхняя часть рис. 4), и его ВКФ (нижняя часть рис. 4).

Сопоставляя приведенные на рис. 4 и 5 ВКФ обоих типов сигналов, можно отметить, что ВКФ данных сигналов существенно отличаются друг от друга: так если ВКФ узкополосного ЛЧМ-сигнала имеет один корреляционный пик, то ВКФ СШП ЛЧМ-сигнала имеет несколько корреляционных пиков. Следует также отметить, что спектр СШП ЛЧМ сигнала характеризуется изрезанностью, несвойственной спектру узкополосного ЛЧМ-сигнала. Отметив указанные выше отличия, можно вполне обоснованно предположить, что в выявленных отличиях следует искать дополнительные признаки при решении задачи распознавания цели в случае применения СШПС.

Все это говорит о том, что для определения полных возможностей СШП зондирующих сигналов при решении задачи распознавания целей необходимо продолжить работу в данном направлении и провести ряд целенаправленных экспериментов с целями различной формы, изготовленных из различных материалов.

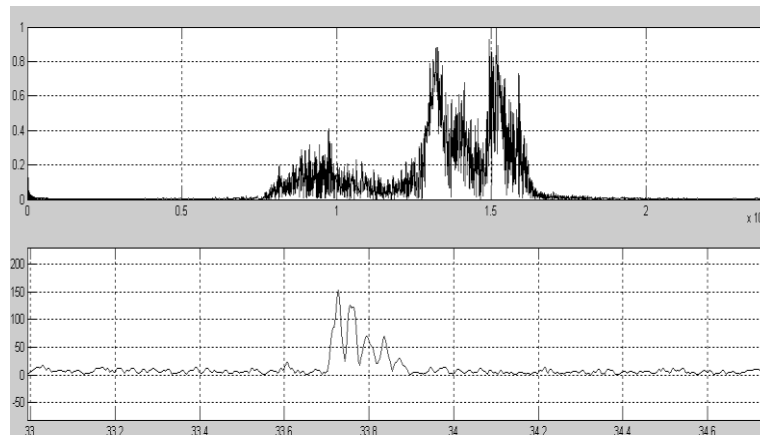


Рис. 5. Спектр (верхняя часть рисунка) и взаимокорреляционная функция (нижняя часть рисунка) отраженного от цели сверхширокополосного ЛЧМ-сигнала

Таким образом, представленные выше результаты натуральных экспериментов позволяют сделать вывод о преимуществах применения в активных гидролокаторах СШП зондирующих сигналов по сравнению с узкополосными сигналами и перспективности использования данного класса сигналов при решении целого ряда актуальных задач сегодняшнего дня.

#### БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lew H. Broadband Active Sonar: Implications and Constraints, DSTO-TR-0435, 1996.
2. Пичугин С. Состояние и перспективы развития систем гидроакустического наблюдения ВМС США // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 6. – С. 61-70.
3. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. – М.: Советское радио, 1971.
4. Евтютов А.П. и др. Справочник по гидроакустике. – Л.: Судостроение, 1988.
5. Демидов А.И., Комочков Р.Ш., Мосолов С.С., Скнаря А.В., Тутынин Е.В. Отечественные гидролокаторы со сложными сигналами производства НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова // Труды X Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – Санкт-Петербург, 2010. – С. 152-154.
6. Залогин Н.Н., Скнаря А.В. Выбор зондирующего сигнала для гидролокатора // XIII Международная конференция «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2002-2007. – С. 2722-2730.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

**Демидов Алексей Игоревич** – ОАО «НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова»; e-mail: sknarya.a@otd301.niip.ru; 140180, г. Жуковский, Московская область, ул. Гагарина, 3; тел.: 84955569968; инженер.

**Комочков Роман Шьявкьятевич** – инженер

**Скнаря Анатолий Васильевич** – главный специалист; к.т.н.

**Тошов Сергей Алексеевич** – инженер.

**Demidov Aleksey Igorevich** – JSC V.V.Tikhomirov Scientific Research Institute of Instrument Design; e-mail: sknarya.a@otd301.niip.ru; 3, Gagarin street, Zhukovsky, Moscow region, 140180, Russia; phone: +74955569968; engineer.

**Komochkov Roman Shyavkyat'evich** – engineer.

**Sknarya Anatoly Vasil'evich** – chief speshialist; cand. of eng. sc.

**Toschov Sergey Alekseyvich** – engineer.