

лось, что совместная работа трех высоковакуумных насосов обеспечит наилучший вакуум.

Таким образом, при наземных испытаниях бортовой аппаратуры наиболее эффективно обес-

печивать высокий вакуум внутри криовакуумных систем, совместно используя турбомолекулярный и криоадсорбционный насосы с периодической работой магниторазрядного насоса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розанов Л. Н. Вакуумное технологическое оборудование: учеб. пособие // СПб.: Изд-во Политех. ун-та. 2012.

2. Стенд для исследования масс-спектра остаточного газа безмасляных вакуумных насосов и агрега-

тов / А. В. Гаврилов, С. И. Саликеев, А. В. Бурмистров, И. Ш. Гимадиев, А. Н. Свидетелев // Вестн. Казанского технол. ун-та 2014. Т. 17. С. 129-131.

A. N. Sokolov, M. Z. Schedrinsky, V. M. Bebyakov, M. G. Vorobev, V. A. Sinkova, K. N. Sukharev
Branch of JSC «Corporation „Kometa“»

L. N. Rozanov
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

STUDY OF PARTIAL PRESSURES OF GASES IN VACUUM CHAMBER USING MULTIFUNCTIONAL HIGH-VACUUM PLANT

During ground testing of onboard spacecraft equipment it is necessary to create such operating conditions, when technological pump plants don't influence the results of ongoing tests and parameters of onboard equipment. Article presents research of gas mass spectrum inside vacuum chamber, during vacuum pumping, using different types of high-vacuum plants. Operating mode of the multifunctional high-vacuum plant, which provide minimum volume inside the vacuum chamber without additional heating, is shown. Graphs of partial gas pressures for different cases of high-vacuum pumps at joint work of various high-vacuum pumps are presented. Test results show the most optimal mode of joint operation of high-vacuum plants.

High vacuum unit, partial pressure, mass-spectrometer, ground testing, cryovacuum system

УДК 534.2, 681.883

А. П. Волощенко
Южный федеральный университет

Применение гидролокатора бокового обзора для обнаружения рыболовных сетей

Рассматривается применение гидролокатора бокового обзора для борьбы с рыбным браконьерством. Незаконная добыча водных биологических ресурсов представляет серьезную угрозу экономической и экологической безопасности России. Основным орудием лова браконьеров служат рыболовные сети, которые располагаются в толще воды и плохо обнаруживаются визуальными способами с вертолета или катера. В то же время, рыболовную сеть можно легко найти с помощью гидроакустических систем. Сотрудниками Южного федерального университета и ООО «НЕЛАКС» в 2017 г. на акватории Таганрогского залива были проведены экспериментальные исследования, подтверждающие данное предположение. Приведена и описана типовая схема активного гидролокатора, объяснены принципы его работы. Описан принцип работы гидролокатора бокового обзора. Приведена схема и описан принцип получения акустического изображения гидролокатором бокового обзора. Приведена схема и описаны методы и условия проведения исследований. Приведены основные характеристики применявшегося гидролокатора бокового обзора. В качестве результатов представлены несколько акустических изображений рыболовных сетей. Оснащение гидролокаторами бокового обзора судов рыбоохраны и пограничников позволит сотрудникам этих ведомств своевременно обнаруживать и устранять браконьерские рыболовные сети. Затраты на покупку, установку и обслуживание гидролокаторов значительно меньше ущерба, наносимого браконьерами.

Активная гидролокация, боковой обзор, акустическая волна, ширина диаграммы направленности, сонограмма, зона акустической тени, эхоимпульс

Проблема браконьерства в общем виде представляет собой посягательство на экономическую

и экологическую безопасность России. Браконьерство приводит не только к значительному

уменьшению рыбных запасов, но и к повреждению среды обитания водных биологических ресурсов, сокращению биоразнообразия в целом. Эта проблема и процесс ее решения в субъектах страны неоднородны, что обусловлено географическим положением, природными ресурсами субъектов, их социально-экономическими особенностями, а также разработкой и внедрением программ по защите окружающей среды [1]–[7].

Рыбная отрасль составляет существенную долю в промышленности России, а для многих приморских областей и краев страны эта отрасль является основной. Рыбная отрасль представляет собой комплексный сектор экономики и удовлетворяет потребности России в продуктах питания и сырье для фармакологической и химической промышленности. В период с 2014 по 2018 гг. производительность рыбной отрасли выросла на 11 %. Также за этот период на 60 % увеличилась доходность тонны вылова. Если в 2014 г. она составляла 40 тыс. р., то в 2018 г. уже 64 тыс. р. Несмотря на положительные темпы роста рыбной отрасли, большая часть этого улова реализуется за пределами России. По оценке экспертов, более 60 % минтая и красных рыб уходят на нелегальный экспорт. Доход браконьеров от незаконного вылова водных биоресурсов колеблется от 45 до 500 млрд. р. в год [3].

Каспийское море является одним из главных рыбохозяйственных районов России. В нем находится до 70 % мировых запасов осетровых, а также множество других ценных видов рыб: лососевые, частиковые, сельдь и килька. Согласно данным экспертов, за первое десятилетие XXI в. вылов осетра на Каспии уменьшился в 22.5 раза, севрюги – в 12, белуги – в 8 раз [5]. Схожая динамика наблюдалась в этом регионе и в прошлом веке. В начале XX в. в регионе добывалось более 39 тыс. т. осетра, то в 1990 г. – 11.66 тыс. т., в 1995 г. – 2.0 тыс. т. [1]. Популяции осетровых Азово-Черноморского бассейна были вторыми по величине после каспийских. По данным учетных съемок, общая численность русского осетра за период с 1988 по 2007 г. сократилась в 67 раз (с 14 млн экз. до 208 тыс. экз.), а севрюги – более чем в 200 раз (с 3396 тыс. экз. до 16 тыс. экз.) [6]. Ситуация на территории Дальнего Востока России выглядит не лучше. В ходе операции «Путина» в 2009 г. на территории края у браконьеров было изъято 1083 т лососевых видов рыб и более 57 т красной икры, а также 347.4 т донно-пищевых видов рыб; в 2010 г. – 102 т лососевых

видов рыб, более 49 т лососевой икры, 78.6 т краба и 179.3 т донно-пищевых видов рыб; в 2012 г. – 114 т красной рыбы и белорыбицы, 42 т икры и 330 кг краба [4].

Особенно большой доход браконьерам приносит добыча черной (осетровой) икры. Согласно официальной статистике в России в 2012 г. было произведено около 16 т осетровой икры, импорт составил 8.84 т, а экспорт – 6.19 т. В итоге общий объем легального рынка осетровой икры в России составляет примерно в 19 т. Однако реальное общее потребление черной икры в России – более 200 т, и с легального рынка поступает только 10 %. Такой дисбаланс сложился после 2007 г., когда был введен запрет на продажу черной икры на рынках [1]. Из приведенной статистики видно, что браконьерство препятствует развитию рыбной отрасли и наносит серьезный удар экологии страны. Кроме того, орудия, которые используются для вылова рыбы, могут наносить вред многим другим живым существам (в рыболовных сетях кроме рыбы запутывается и погибает больше 20 видов животных и птиц: ондатры, бобры, утки, выдры) [8], [9].

Браконьеры, чтобы не быть задержанными сотрудниками рыбоохраны или правоохранительными органами или не остаться без улова, маскируют признаки незаконной ловли рыбы. Основная задача браконьеров заключается в маскировке орудий лова (сети, переметы, неводы, бредни и другие снасти) и их незаметной установке, поэтому орудия лова погружают под воду так, чтобы их не было видно на поверхности водоема – при этом браконьеры обязательно оставляют приметы, по которым они потом смогут найти свои снасти. Чтобы обнаружить эти следы, необходимы специалисты с определенным уровнем познаний и опыта. Например, листья, камыш, ветки всегда тянутся водой по течению или ветром по поверхности водоема. Если какие-то предметы не переносятся течением или ветром, а стоят на одном месте, то они формируют вокруг себя разводы небольших волн и водовороты. Эта примета отчетливо видна на общем фоне водной глади водоема [2].

В то же время, уровень развития науки и техники позволяет браконьерам ставить орудия лова и не оставлять примет. Браконьеры с помощью современных навигационных систем, ориентируясь по спутниковым координатам, возвращаются к установленным вдали от берега сетям в любое время суток и в любую погоду. Сами сети невидимы для человеческого глаза ни с катера, ни с

воздуха. Решение данной проблемы возможно с помощью технических средств гидроакустического мониторинга. Эти средства уже давно и успешно применяются для поиска объектов, находящихся в толще воды и на дне, и представляющих опасность для экологии окружающей среды [10]–[15]. Оснащение гидролокаторами судов, ведущих борьбу с браконьерством, позволит сотрудникам рыбоохраны и пограничникам своевременно обнаруживать и устранять рыболовные сети браконьеров [16], [17].

Активный гидролокатор работает следующим образом. Его антенна излучает в воду в направлении дна зондирующий импульс акустической энергии звуковой или ультразвуковой частоты. Достигнув препятствия, часть импульса рассеивается и поглощается препятствием, другая часть отражается от него и распространяется обратно. Антенна гидролокатора принимает отраженный импульс (эхоимпульс). Препятствием может служить как само дно, так и объекты, расположенные на нем и в толще воды. Анализ сигнала позволяет определять расстояние до препятствия и оценивать его параметры (размеры и акустическое сопротивление) [10]–[15].

Типовая схема активного гидролокатора приведена на рис. 1. Электронно-вычислительная машина (ЭВМ) 1 управляет работой генератора 2, который формирует электрический импульс с необходимыми параметрами (амплитуда, частота, длительность импульса и т. д.). Усилитель мощности 3 усиливает электрический импульс до требуемых значений. Далее сигнал поступает на коммутатор 4, работой которого управляет ЭВМ 1. С коммутатора 4 электрический сигнал поступает на антенну 5. Основным конструктивным элементом антенны служит пьезокерамический материал, помещенный в герметичный корпус. Такой материал обладает пьезоэлектрическим эффектом, поэтому антенна 5 преобразует электрический сигнал с коммутатора 4 в акустический зондирующий импульс (обратный пьезоэффект), распространяющийся в воде. И наоборот, антенна 5 преобразует акустический эхоимпульс в электрический сигнал (прямой пьезоэффект) и передает его на коммутатор 4. С коммутатора 4 электрический сигнал поступает на полосовой фильтр 6, который пропускает сигналы только определенной частоты или диапазона частот. Предварительный усилитель 7 повышает амплитуду сигнала. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 8 преобразует аналоговый сигнал в цифровой. С АЦП

сигнал поступает на ЭВМ, где происходит цифровая обработка, запись, отображение и хранение данных [10]–[15].

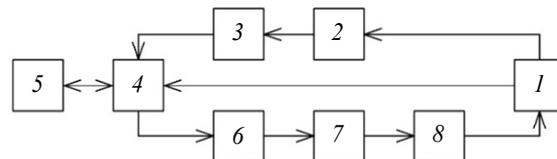


Рис. 1

Гидролокатор бокового обзора (ГБО) – это разновидность активного гидролокатора. В основном ГБО применяют для получения изображения морского дна – акустической мозаики (сонаграммы). Отличительной особенностью ГБО служит форма диаграммы направленности (ДН) и ее ориентация в пространстве. Ширина главного лепестка ДН в горизонтальной плоскости (узкая плоскость) составляет $0.1 \dots 6^\circ$. Ширина главного лепестка ДН в вертикальной плоскости (широкая плоскость) может достигать $60 \dots 70^\circ$. Принцип получения акустической мозаики показан на рис. 2. Акустическая ось ДН ориентирована ко дну и «вбок». Направление «вбок» определяется относительно носителя и места расположения антенны ГБО на нем. Антенна ГБО может быть установлена на борту судна либо встроена в корпус подводного аппарата. Поскольку ширина ДН в вертикальной плоскости значительно больше, чем в горизонтальной, то на морском дне образуются широкая и узкая полосы обзора размерами $l \times h$. Угол наклона α акустической оси к дну определяет геометрическую дальность ГБО. Чем больше угол, тем длиннее (больше l) полоса обзора. В то же время, увеличение угла приводит к росту мертвой зоны под дном носителя и повышению вероятности принять мешающее отражение от поверхности моря. ГБО непрерывно перемещается над поверхностью дна и излучает зондирующие импульсы, которые облучают дно полосами обзора. Если связать частоту зондирующих импульсов со скоростью движения ГБО v , то можно получить изображение морского дна. В большинстве случаев используют две антенны, расположенные по каждому борту носителя. Это позволяет одновременно получить акустические мозаики обследуемой поверхности дна слева и справа от маршрута движения носителя. Найти объекты на морском дне и в водной толще можно по двум характерным признакам. Во-первых, если акустические сопротивления объекта и окружающей сре-

ды (воды или грунта дна) будут существенно различаться, то амплитуды сигналов, отраженных от различных препятствий, также будут различны. В гидроакустической аппаратуре обычно принято, что чем выше коэффициент отражения препятствия, т. е. чем больше амплитуда эхосигнала, тем более светлым оно отображается на сонограмме. Во-вторых, большинство объектов служат значительным препятствием для распространения акустических волн и образуют зоны акустической тени за собой. Поскольку эхосигнал из зоны тени отсутствует, то на сонограмме эта область выглядит черным пятном. Светлые и темные зоны, образованные объектом на морском дне, расположены на сонограмме рядом друг с другом. Зная скорость звука в воде c и время t между излучением зондирующего импульса и приемом эхосигнала, можно рассчитать наклонное расстояние от антенны до препятствия $S = ct/2$. ГБО не дает абсолютных высот донных объектов, однако по акустической тени позволяет получать относительные превышения объектов на дне, на основе которых могут быть приблизительно оценены высоты объектов. Если расстояние между объектами меньше разрешающей способности ГБО по дальности, то на сонограмме они будут отображаться как один объект. ГБО не предоставляет данных об абсолютном пространственном положении объекта, поэтому его часто используют в связке с GPS-приемником [10]–[15].

Летом 2017 г. на акватории Таганрогского залива сотрудники кафедры электрогидроакустической и медицинской техники Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета совместно с ООО «НЕЛАКС» проводили экологический мо-

ниторинг, заключающийся в поиске с помощью гидроакустических средств искусственных объектов на дне залива и в толще воды [11], [12], [14]. Среди задач мониторинга были поиск и обнаружение рыболовных сетей. Мониторинг проводился в прибрежной зоне около г. Таганрога. Обследуемая площадь составила около 5 км², глубина моря менялась от 1 до 3 м, волнение отсутствовало.

Для экологического мониторинга применялся ГБО с рабочими частотами 240 (левый борт) и 290 (правый борт) кГц [10], [14]. Разрешающая способность ГБО по дальности – не менее 4 см. ГБО способен излучать как тональный, так и линейно-частотно-модулированный зондирующий сигналы. Антенны ГБО крепились на штангах по бортам судна малого водоизмещения. Глубина погружения антенн ГБО составляла 0.5 м. Скорость движения судна во время работ составляла 2–3 узла. Мониторинг участков дна проводился по системе галсов, которые представляют собой набор параллельных и перпендикулярных друг другу линий. Расстояние между галсами составляло порядка 50 м. Шаг зондирования не превышал 0.5 м вдоль каждого галса. Исследуемая площадь покрывалась сеткой галсов судна, на борту которого был установлен ГБО. Позиционирование судна обеспечивалось дифференциальным GPS-приемником TRIMBLE DSM 232, который позволяет определять местоположение с погрешностью не более 1 м. Информация о текущем времени и координатах WGS-84 во время сбора данных записывалась в индивидуальный файл каждого галса. В дальнейшем это позволило определить координаты обнаруженных объектов и нанести их на карту. Схема проведения исследований показана на рис. 3.

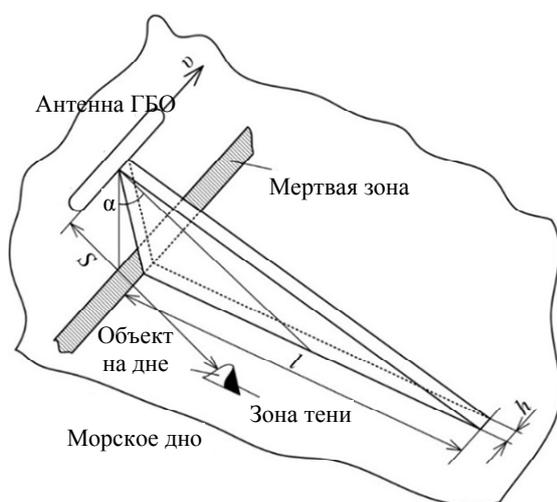


Рис. 2

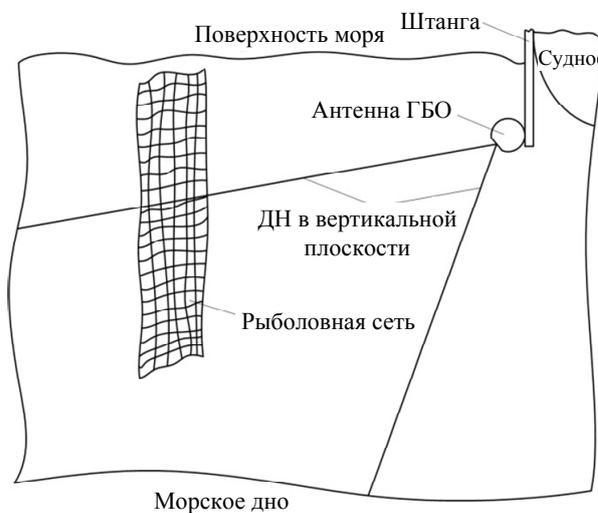


Рис. 3

На рис. 4–6 представлено несколько примеров акустических изображений рыболовных сетей, полученных во время исследований. На вертикальной и горизонтальной осях приведены расстояния, выраженные в метрах. У сетей отсутствовали какие-либо ориентиры на поверхности воды и визуально с борта судна они обнаружены не были. Из рис. 4–6 видно, что идентифицировать сеть на экране ГБО довольно просто. Она представляет собой тонкую светлую протяженную линию произвольной формы, которая является суммой эхоимпульсов от всех частей сети. Распознать нити или другие элементы сетей на сонограммах невозможно, так как толщина составных частей нити значительно меньше разрешающей способности ГБО. Тень отсутствует, так как акустические волны спокойно проникают в область за сетью. Расположение сети относительно судна существенного значения не имеет. Сложности могут вызывать случаи, когда рыболовная сеть расположена перпендикулярно излучающей поверхности антенны ГБО или лежит на дне. Дальность обзора по каждому борту составляла до 50 м. Таким образом, при прохождении судном галса длиной 1 км была получена информация о наличии или отсутствии рыболовных сетей на водном пространстве площадью 0.1 км². Дальность обзора ГБО зависит от рабочей частоты ГБО, излучаемой им акустической энергии, угла наклона антенн ГБО относительно поверхности воды, глубины водоема и т. д. Типовая дальность обзора для среднечастотных (от 100 до 500 кГц) ГБО составляет до 500 м по каждому борту [10], [15]. В ходе данных работ основным фактором, ограничивающим дальность обзора, была глубина водоема.

Водные биоресурсы относятся к основополагающим компонентам благоприятной окружающей среды и устойчивого экономического развития России. Однако несмотря на все принятые в настоящее время меры охраны и сохранения водных биологических ресурсов численность рыб ценных пород в озерах, реках и морях России продолжает сокращаться. Изменить сложившуюся ситуацию можно, если технический уровень мер по борьбе с угрозой окружающей среде и экономическому развитию будет соответствовать уровню поставленного вызова. Только применение современных технических средств обеспечит уверенный контроль больших водных территорий. С помощью ГБО можно быстро обследовать большие водные простран-

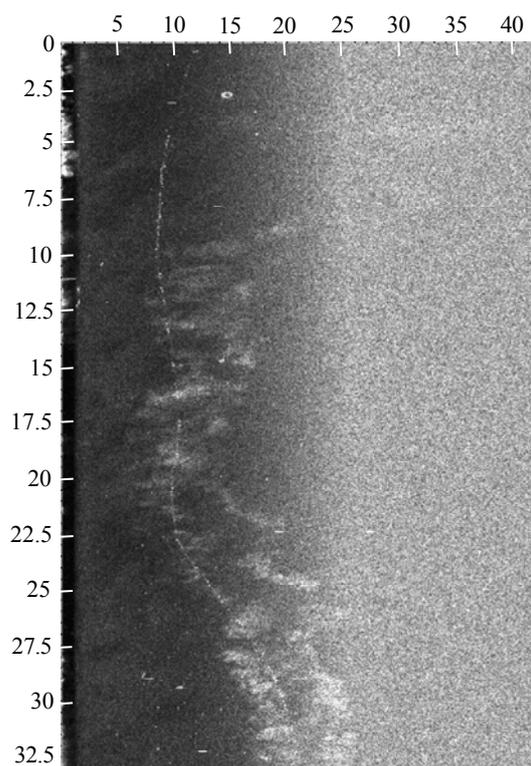


Рис. 4

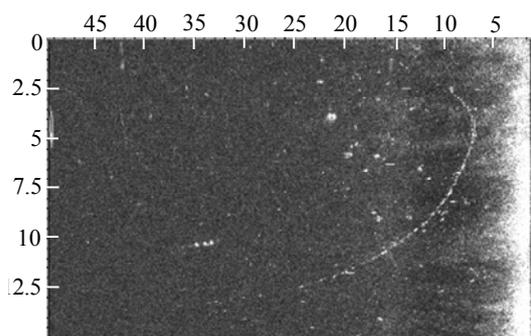


Рис. 5

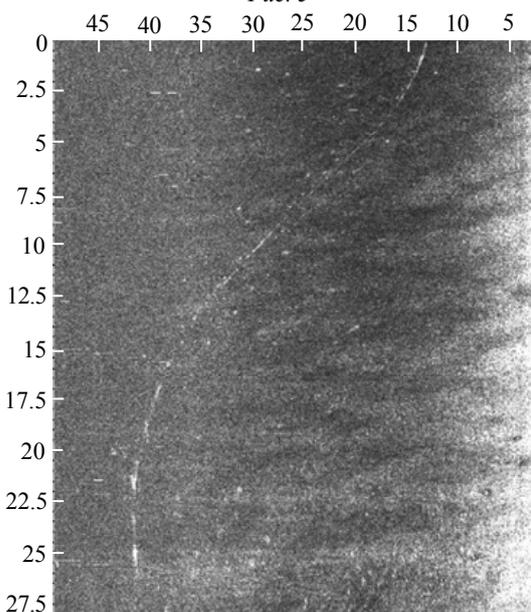


Рис. 6

ства и изучить дно вне зависимости от прозрачности воды и времени суток. ГБО одинаково эффективно можно использовать как в пресной, так и в соленой воде, как на озерах, реках, заливах, так и в открытом океане [11]–[14]. Уровни излучаемой акустической энергии не наносят никакого вреда окружающей среде.

Анализ рынка отечественной гидроакустической аппаратуры показал, что средняя стоимость ГБО – ~1 млн р., средний срок службы ГБО – более 10 лет. ГБО не требует сложного технического обслуживания и может быть размещен на маломерных судах. Более того, ГБО может быть размещен на судне как постоянно, так и временно – его можно легко демонтировать с одного судна и установить на другое [11], [13]. Процессы монтажа и демонтажа подробно описаны в руководствах и инструкциях к оборудованию. При необходимости

обучение использованию ГБО может быть организовано в любом вузе с гидроакустическими специальностями (СПбГМТУ, СПбГУ, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», ЮФУ, РГТМУ, ДВФУ).

Представленные результаты показывают, что оснащение судов рыбоохраны и пограничников современными гидролокаторами бокового обзора может повысить эффективность борьбы с браконьерством. Систематическое изъятие улова и орудий лова у браконьеров повысит их затраты и риски, что в итоге снизит экономическую выгоду от браконьерства. Также будет происходить очищение водоемов от брошенных сетей, которые загрязняют окружающую среду и представляют опасность для рыбы и других живых существ. Эти мероприятия будут способствовать восстановлению водных биологических ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтерев А. А. Становление массового браконьерства осетровых на Нижней Волге и Каспии // Гуманитарные исследования. 2015. Т. 55, № 3. С. 16–24.
2. Щуров Е. А. Криминалистические особенности следовой картины по делам о рыбном браконьерстве (по материалам регионов Азово-Черноморского водного бассейна) // Общество и право. 2008. Т. 19, № 1. С. 246–250.
3. Колосова Д. С. Роль общественных объединений в борьбе с коррупцией на примере рыбной отрасли // Плехановский барометр. 2019. № 2. С. 39–42.
4. Ляпустин С. Н., Фоменко П. В. Незаконный оборот и борьба с браконьерством и контрабандой редких видов животных и растений на Дальнем Востоке России (2009–2014 гг.). Владивосток: Апельсин, 2015.
5. Бессонов А. А. Борьба с браконьерством: координация деятельности // Законность. 2009. Т. 892, № 2. С. 6–8.
6. Современное состояние осетровых рыб в России / А. Е. Аринжанов, Е. П. Мирошникова, Ю. В. Клякова, С. С. Мумбаева // Материалы Всерос. науч.-практ. конф., «Перспективы развития пищевой и химической промышленности в современных условиях». Оренбург, 2019. С. 145–149.
7. Лучшева В. В., Аксенова Е. И., Аникина А. М. Оценка экономического ущерба от сокращения биоразнообразия // Управление экономическими системами: электрон. науч. журн. 2018. Т. 114, № 8. URL: <http://uecs.ru/uecs-114-82018/item/5050-2018-08-20-11-03-50> (дата обращения 09.12.2020).
8. Матишов Г. Г., Савицкий Р. М. Элиминация водоплавающих видов птиц в Азовском море // Вестн. Юж. науч. центра. 2012. Т. 8, № 3. С. 50–54.
9. Приклонский С. Г. О гибели водоплавающих птиц в рыболовных сетях на степных озерах в Новосибирской области // Тр. Окского гос. заповедника. М., 1958. С. 165–167.
10. Давыдов Д. А., Волощенко А. П. Моделирование выпуклой поверхности гидролокатора бокового обзора для задач экологического мониторинга // Сб. избр. ст. по материалам науч. конф. ГНИИ «Нацразвитие». СПб., 2019. С. 240–244.
11. Автономные комплексы для исследования дна и донных отложений мелководных водоемов / А. В. Элбакидзе, В. И. Каевичер, И. В. Смольянинов, П. П. Пивнев, С. П. Тарасов, В. А. Воронин // Изв. ЮФУ. Техн. науки. 2018. Т. 200, № 6. С. 6–18.
12. Воронин В. А., Пивнев П. П., Тарасов С. П. Широкополосные гидроакустические антенны систем экологического мониторинга водной среды и придонных осадочных пород // Инженерный вестн. Дона. 2015. Т. 39, № 4–2. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3476> (дата обращения 09.12.2020).
13. Распознавание и обследование малоразмерных подводных объектов с помощью автономных необитаемых подводных аппаратов / А. В. Инзарцев, А. М. Павин, О. А. Лебедко, М. А. Панин // Подводные исследования и робототехника. 2016. Т. 22, № 2. С. 36–43.
14. Солдатов. Г. В., Тарасов С. П. Экологические мониторинговые исследования водной среды обитания методом гидроакустической диагностики // Изв. ЮФУ. Техн. науки. 2009. Т. 99, № 10. С. 228–233.
15. Волощенко В. Ю. Параметрический гидролокатор ближнего действия для экологического мониторинга водных районов // Изв. ТРТУ. 1999. Т. 14, № 4. С. 204–208.

16. Рогожников А. В., Савенков А. Н. Речная гидроакустика – перспективы развития // Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2012. № 1. С. 94–96.

17. Воронин В. А., Тарасов С. П., Тимошенко В. И. Гидроакустические параметрические системы. Ростов н/Д.: Ростиздат, 2004.

A. P. Voloshchenko
Southern Federal University

APPLICATION OF SIDE-SCAN SONAR TO LOCATE FISHING NETS

The use of side-scan sonar to combat fish poaching is considered. Illegal extraction of aquatic biological resources poses a serious threat to the economic and environmental security of Russia. The main fishing tool for poachers is a fishing net, which is located in the water column. Therefore, it is very difficult to detect it visually from a helicopter or boat. At the same time, the fishing net can be easily found using sonar systems. In 2017, the employees of the Southern Federal University and LLC «NOLACS» carried out experimental studies in the water area of the Taganrog Bay, confirming this assumption. A typical scheme of active sonar is presented and described. The principles of the active sonar operation are explained. The principle of operation of side-scan sonar is described. The diagram is given and the principle of obtaining an acoustic image by side-scan sonar is described. The scheme is given and the methods and conditions of research are described. The main characteristics of the used side-scan sonar are given. Several acoustic images of fishing nets are presented as results. Equipping fish protection vessels and boats of border guards with side-scan sonars will allow the employees of these departments to timely detect and eliminate fishing nets. The cost of purchasing, installing and maintaining sonars is significantly less than the damage caused by poachers.

Active sonar, side-scan, acoustic wave, beam width, sonogram, acoustic shadow, echo pulse

УДК 623.4

Е. Ю. Михтеева
Российский государственный гидрометеорологический университет

С. Ш. Михтеев
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Оптические материалы для пассивных систем наблюдения

Вследствие снижения заметности современных воздушных и морских объектов повысился интерес к пассивным системам наблюдения и распознавания, основным элементом которых служит оптико-электронная система. В качестве материала в оптической системе используется кварцевое стекло, но оно имеет ограничения по пропусканию электромагнитного излучения в среднем инфракрасном диапазоне, что снижает эффективность системы. Для перспективных пассивных систем наблюдения необходимы материалы с расширенной областью пропускания электромагнитного излучения в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Одним из вариантов решения этой задачи может стать внедрение новых материалов в оптико-электронную систему. Такими материалами могут быть многокомпонентные фторидные стекла с их оптическими и термомеханическими характеристиками, способные воспринимать информацию о целях одновременно в различных областях инфракрасного диапазона, в том числе и в дальней инфракрасной области.

Фторидные стекла, инфракрасные материалы, оптико-электронные системы, объектив оптико-электронного модуля, оптические и термомеханические характеристик стекол

В связи с совершенствованием традиционных систем наблюдения и обнаружения повысился интерес и к исследованию других информационных

признаков объектов наблюдения, которые позволили бы применять пассивные системы наблюдения, в частности тепловые и оптико-корреляционные.
