

УДК 551.46.077:629.584

ОПЫТ ШИРОКОМАСШТАБНОГО ПОИСКА ПОДВОДНОГО ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОГО ОБЪЕКТА В ОХОТСКОМ МОРЕ

О.Л. Кузнецов¹
Ю.В. Матвиенко, Н.И. Рылов,
Л.А. Наумов²

МЧС РФ, Департамент
пожарно-спасательных сил (ДПСС)
Институт проблем морских технологий
ДВО РАН, Владивосток

Обсуждаются вопросы подготовки и проведения комплексной экспедиции по поиску малоразмерного объекта – аварийно затопленного радиоизотопного источника в районе о-ва Сахалин в Охотском море. В экспедиции использовались разнообразные технические средства, включая новый российский многоцелевой автономный необитаемый подводный аппарат «Клавесин». В ходе экспедиции была обследована площадь 73,5 км² гидролокационными средствами высокого разрешения, установлены координаты 1206 малоразмерных целей. Водолазами был произведен осмотр 13 участков размером 100x100 м. 133 выделенные цели обследованы водолазами и фотосредствами АНПА. Взяты пробы грунта и биоты. На обследованных участках объект поиска или его фрагменты не обнаружены.

В общей системе государственных мероприятий по созданию и ведению Реестра подводных потенциально опасных объектов во внутренних водах и территориальных морях Российской Федерации летом 2009 года по заданию МЧС РФ была проведена плановая экспедиция по поиску радиоизотопного теплоэлектрогенератора (РИТЭГ), аварийно затопленного в районе м. Низкий Охотского моря. В подготовке и проведении экспедиции кроме Института проблем морских технологий ДВО РАН как головного исполнителя принимали участие некоммерческое партнерство «Центр инновационных технологий», Федеральное государственное учреждение «Аварийно-спасательная служба по проведению подводных работ специального назначения», Дальневосточный государственный технический университет и лаборатория радиационного контроля «ДВ-Нуклид». Большую помощь в проведении работ оказал ВМФ

России. Тихоокеанским флотом для проведения работ было выделено гидрографическое судно «Вице-адмирал Воронцов». Состав экспедиции был дополнен флотскими специалистами, которые длительное время занимались названной проблемой, имели опыт поиска и подъема аналогичного РИТЭГ в районе м. Мария. Основная фаза поисковых операций в районе предполагаемого затопления РИТЭГ выполнялась с использованием нового российского многоцелевого автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) «Клавесин».

1. Обстоятельства аварийного затопления РИТЭГ и результаты предшествующих поисков

Радиоизотопные энергетические устройства предназначены для электропитания необслуживаемых автоматически действующих средств навигационного оборудования. РИТЭГ (рис.1)

включает источник тепла на основе радионуклида стронция-90, размещенный в герметичном контейнере из нержавеющей стали. В конструкции генератора предусмотрена защита из свинца, вольфрамоникелиевого сплава, содержатся алюминиевые сплавы, конструкционные стали и другие металлы. Масса РИТЭГ в транспортной упаковке составляет около 2800 кг, габариты в метрах – 1,8x1,3x1,7.

20 августа 1987 г. при транспортировании РИТЭГ на внешней подвеске вертолета МИ-8 в условиях плохой видимости и сильного ветра произошла раскачка груза и вертолета, достигшая критических значений. Для спасения экипажа и машины командир вертолета принял решение произвести аварийный сброс груза в море в районе м. Низкий (восточное

¹ 121357, Москва, ул. Ватутина, 1. Тел./факс: (499)4493966. Email: olegkuznesov@yandex.ru

² 690091, Владивосток, ул. Суханова, 5-а. Тел./факс: (4232)432416. E-mail: imtp@marine.febras.ru

побережье о-ва Сахалин). Координаты точки сброса не установлены.

В период с сентября 1987 по август 1992 года Тихоокеанским флотом были организованы 4 экспедиции по поиску РИТЭГ. Для поиска использовались гидролокационные, магнитометрические, радиометрические и термометрические средства, привлекались водолазы. В ходе экспедиций РИТЭГ не был обнаружен, а измерения физических полей не зафиксировали отклонений от естественных фоновых значений. В 1998 году был проведен эксперимент с целью определения возможности замыкания РИТЭГ в грунт. Суть эксперимента заключалась в визуальном наблюдении водолазами за имитатором РИТЭГ на морском дне. Эксперимент показал: имитатор был замат в грунт за один месяц.

В апреле 2000 г. российскими экспертами Госатомнадзора, Минатома, Госкомэкологии, Минздрава, МЧС, Росгидромета, Роскомрыболовства и Минобороны был рассмотрен вопрос поиска РИТЭГ в акватории Охотского моря. При этом принимались во внимание высокая надежность конструкции РИТЭГ, заглубление установки в донный слой, удаленность места аварийного сброса от транспортных путей, отсутствие населения в данном районе. С учетом малой вероятности обнаружения изотопной установки традиционными техническими средствами, необходимостью привлечения из-за большого района поиска значительного количества сил, средств, материально-технических и финансовых ресурсов было решено признать организацию и проведение в ближайшее время поисковых работ в районе м. Низкий нецелесообразными. Тогда же МЧС было поручено организовать



Рис. 1.
Объект поиска – РИТЭГ

систематическое проведение мониторинга окружающей среды в районе м. Низкий и принять меры по разработке новых методов и технологий поиска утерянных установок.

Далее район Охотского моря вблизи м. Низкий площадью около 75 км² был закрыт для останковки судов, постановки их на якорь, лова рыбы придонными орудиями. Данное ограничение действует и по настоящее время. За все эти годы аномалий радиационных факторов не зафиксировано.

■ Задачи, технические средства и производство работ по поиску РИТЭГ

В 2007 году были успешно завершены работы по поиску и подъему аналогичной установки, также аварийно затопленной у м. Мария на севере Сахалина [1]. Поиски объекта продолжались три года, при этом место падения было известно достаточно точно. Проведение новой крупномасштабной поисковой операции по поиску РИТЭГ у м. Низкий откладывалось несмотря на энергичную позицию местных экологов и перспективность района в связи с разработкой нефтяных полей на сахалинском шельфе, прежде всего из-за отсутствия высокопроизводительных и эффективных

поисковых инструментов и методик их применения.

В 2009 году МЧС РФ принял решение возобновить поисковые работы, рассчитывая выполнить обследование всего закрытого района с использованием подводных роботов, и предложил ИПМТ ДВО РАН стать головным исполнителем работы. К этому времени ИПМТ ДВО РАН разработал и начал успешно использовать для реальных морских работ автономный необитаемый подводный аппарат «Клавесин». Этот аппарат, хорошо оснащенный различными поисковыми средствами (гидролокаторами бокового обзора с различной дальностью действия и разрешением, фотосистемой, электромагнитным локатором, профилографом донного грунта, измерителем параметров морской среды), обеспечивает высокую производительность работ и высокоточную навигационную привязку получаемых данных [2]. Кроме того, проанализировав ход и организацию аналогичных экспедиций и принимая во внимание сложные гидрометеорологические условия района и малое время, в течение которого могут проводиться поисковые работы, было принято решение собрать дополнительные силы и средства для организации одновременного параллельного поиска по всему району.

Технические средства и оборудование

Для выполнения работы исполнителями были использованы следующие технические средства поиска:

- комплекс АНПА «Клаве-син» (рис.2),
- гидролокатор бокового обзора «EdgeTech 4200-FSL»-(ГБО-1),
- малогабаритный гидролокатор «StarFish 450F» с приемником спутниковой навигации и портативным компьютером (ГБО -2),
- минителеуправляемый подводный аппарат «Обзор-150»,

- магнитометр «Sentinel»,
- многолучевой эхолот (МЛЭ) «Sea Bat 7125»,
- спутниковый геодезический приемник «Trimble R7GNSS»,
- дифференциальная спутниковая навигационная система «HEMISPHERE VS-100»,
- электронная картографическая навигационно-информационная система «Шкипер-М»,
- оборудование для пробоотбора и анализа воды и грунта,
- радиометр-спектрометр «МКС-Ф03»,
- временно действующая водолазная станция (в составе четырех человек) для работ на глубинах до 10 м.

Для обеспечения работ были подготовлены следующие плавсредства поиска (рис. 3):

- гидрографическое судно (ГС) «Вице-адмирал Воронцов»,
- промерный катер ГС «Вице-адмирал Воронцов»,
- плашкоут самоходный,
- надувные мотолодки «Фаворит 470», «Лидер 500», «Лидер 460».

Производство работ

Работы по поиску РИТЭГ были начаты 23 июля 2009 года и включали:

- детальное гидролокационное обследование района высокочастотными гидроакустическими средствами, обеспечивающими высокое (порядка десятых долей метра) пространственное разрешение при точной навигационной привязке работ;
- детальное обследование локальных точек, установленных в ходе предшествующих поисковых работ, как наиболее вероятных точек нахождения РИТЭГ средствами сплошного водолазного обзора, телевизионного и фотообзора с использованием подводных аппаратов;
- дообследование целей, обнаруженных при локационном поиске, визуальным осмотром с использованием водолазов и средств АНПА «Клаве-син» и «Обзор-150»;
- выполнение поисковых работ с использованием средств электрометрии и магнитометрии;
- отбор проб морской воды, грунта и биоты и их экспресс-анализ на содержание радиоактивных веществ и продуктов их трансформации;
- выполнение гидрографических работ.

Работы были завершены 20 августа 2009 года. Поисковые работы велись одновременно по прибрежному, мелководному и мористому участкам.

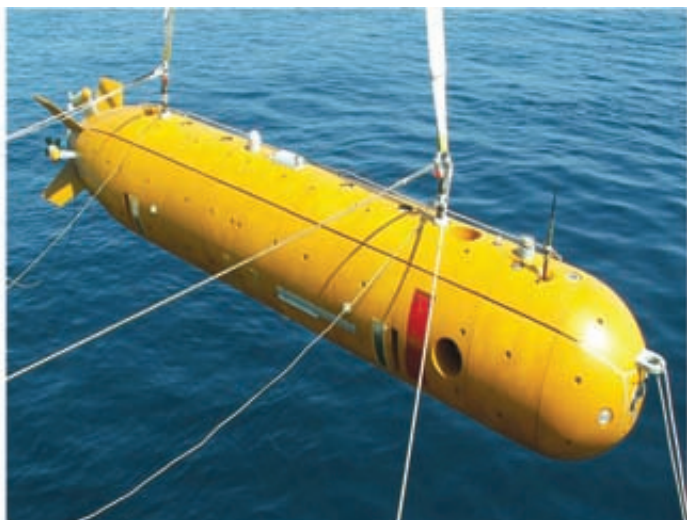


Рис. 2. Оборудование комплекса АНПА «Клаве-син»: АНПА, буксируемая судовая антенна, маяк-ответчик навигационной системы, судовая пост управления

Мористый участок (от изобаты 20 м до восточной границы района) обследовался средствами АНПА «Клавесин». В ходе обследования выполнялась ГБО-съемка с применением высокочастотного ГБО. В южной части мористого участка цели, выделенные на ГБОграмме, выборочно досматривались телевизионными средствами АНПА. В последующем, для центральной и северной частей, АНПА выполнял только ГБО-съемку.

Мелководный участок (между изобатами 8 и 30 м) обследовался с борта специально оборудованного промерного катера, на котором штатно был размещен многолучевой эхолот и буксируемый гидролокатор (ГБО-1).

Отдельные фрагменты дна на этом участке исследовались сплошным водолазным поиском. Методика водолазного поиска была отработана при поиске аналогичного РИТЭГ в районе м. Мария, который был найден группой водолазов, участвующих в настоящей работе.

Прибрежный участок района поиска (от берега до изобаты 10 м) обследовался с борта надувной лодки, оборудованной локатором бокового обзора (ГБО-2). Также выполнялся визуальный поиск, поиск с использованием магнитометра и оборудования для электрометрических измерений.

Гидролокационный поиск с использованием АНПА и надувной мотолодки «Фаворит 470» производился со скоростью 0,8-1 м/с, с использованием промерного катера – 1,5-2 м/с.

Межгалсовый шаг для АНПА был выбран 40 м, для мотолодки – 30 м и для промерного катера – 50 м. Значения скоростей хода поисковых средств были определены исходя из малых размеров объекта поиска. Межгалсовый шаг выбран в соответствии с фактической полосой обзора гидролокато-



Рис. 3. Плавсредства: ГС «Вице-адмирал Воронцов», плашкоут самоходный, надувные мотолодки «Фаворит 470», «Лидер 500», «Лидер 460»



ров при работе в мелком море и прибрежной зоне.

На основании обработанных результатов эксперимента были получены следующие материалы:

- таблицы координат целей, выделенных при обработке первичных данных, включающих данные всего поискового оборудования;
- графические материалы по гидролокационной съемке дна района поиска площадью 75 км², выполненной гидролокаторами высокого разрешения и многолучевым эхолотом;
- материалы визуального обследования отдельных участков дна, выполненного водолазной группой;

- материалы фотообследования отдельных целей, выполненного АНПА;
- данные для анализа экологического состояния и определения потенциальной опасности района затопления РИТЭГ;
- данные для комплексного анализа результатов измерения отобранных проб морской воды, биоты и донных отложений и продуктов их трансформации.

■ Полученные результаты

Материалы гидролокационной съемки АНПА «Клавесин»

Наиболее важной особенностью применения гидролокационных поисковых средств

с борта автономного аппарата является возможность обеспечения прецизионного движения АНПА как носителя этой аппаратуры с четким сохранением заданных параметров движения по скорости и угловому положению. Это обеспечивает возможность эффективного накопления первичных данных, увеличивая разрешение и повышая качество гидролокационных изображений. Операция поиска с использованием подводных аппаратов, несущих различное поисковое оборудование и выполняющих синхронные измерения, включает:

- оборудование района работ навигационной базой из трех маяков-ответчиков гидроакустической навигационной системы (ГАНС). ГАНС входит в комплекс подводного аппарата;
- запуски автономного аппарата по всей площади параллельными галсами с отстоянием галсов, которые следует определить, на основании пробных запусков с учетом текущих гидрологических, батиметрических и других характеристик района поиска.

Общий сводный планшет траекторий движения АНПА при локационном поиске представлен на рис. 4.

Поскольку локационная съемка акватории выполнялась АНПА при межгалсовом расстоянии 40 м, что значительно меньше штатной дальности действия ГБО, каждая выделенная цель обнаруживалась неоднократно на различных галсах при различных дальностях и углах обзора.

Приведенные координаты выделенных целей усреднялись по набору данных, полученных при обнаружении цели на соответствующем галсе.

Примеры ГБО-изображений, разделенные на отдельные кадры размером 350x160 м (56 000 м²) приведены на рис. 5. На каждом кадре даны инфор-

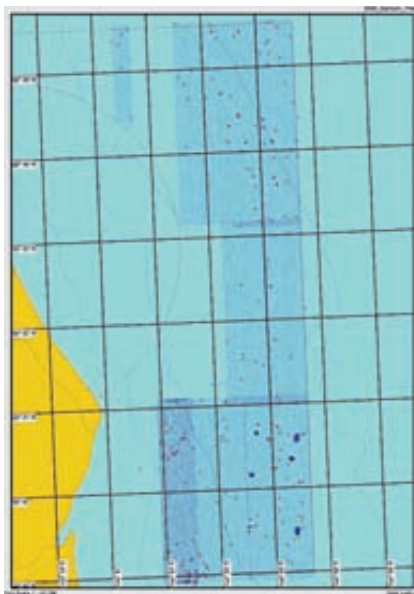


Рис. 4. Планшет гидролокационной съемки АНПА. Точками выделены обнаруженные цели

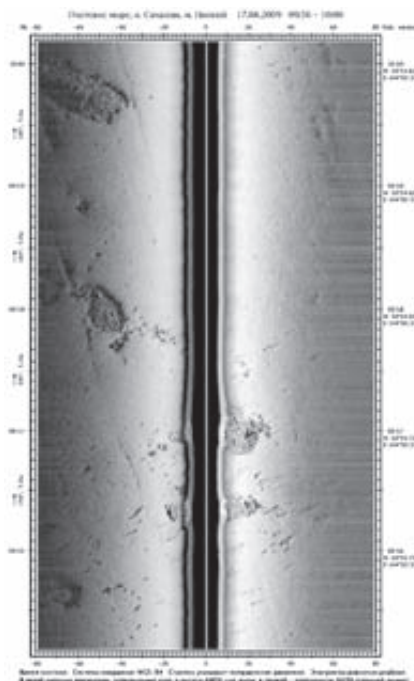


Рис. 5. Кадры ГБО-изображений, полученных при обработке данных АНПА

мация о параметрах движения АНПА (курс, скорость, высота над дном), географические координаты носителя, дата и время.

Общий объем таких данных, полученных после обработки гидролокационной информации, доставленной АНПА «Кла-

весин», составляет 698 кадров, на которых выделены и описаны 244 цели. При этом общий линейный пробег аппарата составил 998 км, а эффективная площадь обследования – 34 км².

Материалы гидролокационной съемки ГБО-1 мелководного участка с борта промерного катера

Важной особенностью локационной съемки с борта промерного катера стала точная навигационная привязка полученных данных. Для этого в состав навигационно-информационных средств обеспечения работы ГБО были включены:

- спутниковый геодезический приемник типа Trimble R7 GNSS в комплекте с приемной антенной Zephyr Geodetic-Model 2;
- дифференциальная спутниковая система определения местоположения и курса типа Hemisphere VS-100;
- электронная картографическая навигационная информационная система (ЭКНИС) типа «Шкипер-М».

Вышеназванные программно-аппаратные средства позволили оперативно осуществлять планирование маршрутов движения носителя ГБО и обеспечить визуализацию процесса его движения на электронном планшете для обеспечения равномерного и прямолинейного движения параллельными галсами при поиске. Кроме того, применение вышеуказанных средств также в значительной степени повысило навигационную безопасность промерного катера и обеспечило возможность его работы в условиях ограниченной видимости.

Общая протяженность поисковых маршрутов промерного катера за весь период работ составила ≈ 700 км, суммарная обследованная площадь при этом составила ≈ 51 км².

Эффективная площадь покрытия района составила $\approx 41 \text{ км}^2$ при обследовании отдельных участков с двукратным покрытием обследуемой площади и пересечением районов поиска, выполненных другими поисковыми средствами. На полученных данных выделены и описаны 249 целей. Сводный планшет траекторий движения катера приведен на рис. 6.

Гидролокационный обзор прибрежного участка

В прибрежной зоне гидролокационный поиск выполнялся с борта моторной лодки «Фаворит 470» с комплексом ГБО-2.

Эффективная площадь осмотра составила $13,4 \text{ км}^2$, а длина маршрута – 440 км. Обнаружено 713 целей. Распределение обнаруженных целей в обследованном районе представлено на рис. 7.

Фото и телевизионное дообследование выделенных целей с использованием подводных аппаратов

Цели, обнаруженные гидролокационными средствами, дообследовались фототелевизионными средствами подводных аппаратов, а на глубинах до 10 м – визуальным осмотром водолазами.

Применение автономного аппарата для дообследования каждой цели предполагает сплошное фотографирование выделенной зоны с точным выходом в назначенную точку. Для этого требовалось делать специальный запуск АНПА, который продолжался несколько часов.

Более производительным на стадии дообследования представлялось использование телеуправляемого аппарата. Попытка использовать модернизированный ТНПА «Обзор-150» для телевизионного

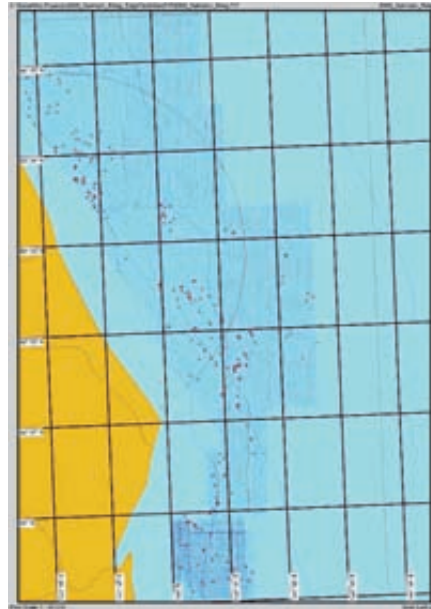


Рис. 6. Распределение обнаруженных целей на карте района. ГБО-съемка с борта промерного катера

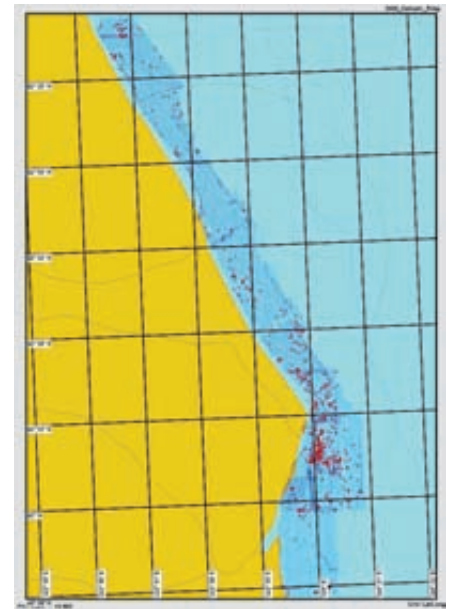


Рис. 7. Распределение обнаруженных целей на карте района. ГБО-съемка с борта моторной лодки

обследования одной из целей при глубине места до 10 м закончилась безрезультатно, так как аппарат не смог справиться с течением, которое искривляло кабельную линию. Упор маршевых движителей аппарата (27 Н) оказался недостаточным, чтобы противостоять силе, которую создает течение, обтекая кабель. Было принято решение о нецелесообразности дальнейшего использования аппарата для видеообследования контактов на данных ГБО-поиска.

В южной части мористого участка района поиска работы по фотообследованию гидролокационных целей проводились с использованием АНПА «Клавесин».

При проведении этих работ в программе-задании на текущую миссию АНПА задавались географические координаты цели, а траектория поиска устанавливалась в виде ряда прямоугольников, охватывающих установленную точку и смещенных на заданное межгалсовое расстояние. Межгалсовые расстояния составляли 1-2 м, что при движении на

высоте 1,5 м позволяло вести сплошную, без пропусков, фотосъемку выделенного участка морского дна.

На рис. 8 приведены траектории фотосъемки при обследовании одного из объектов,

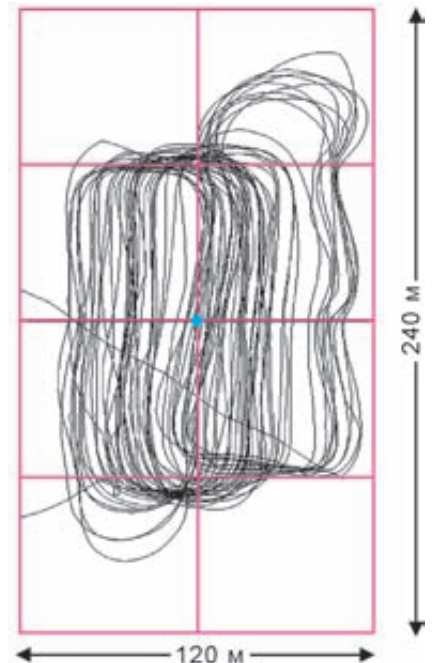


Рис. 8. Траектории движения АНПА и кадры фотоизображений при обследовании заданного контакта (синяя точка), выделено на ГБО

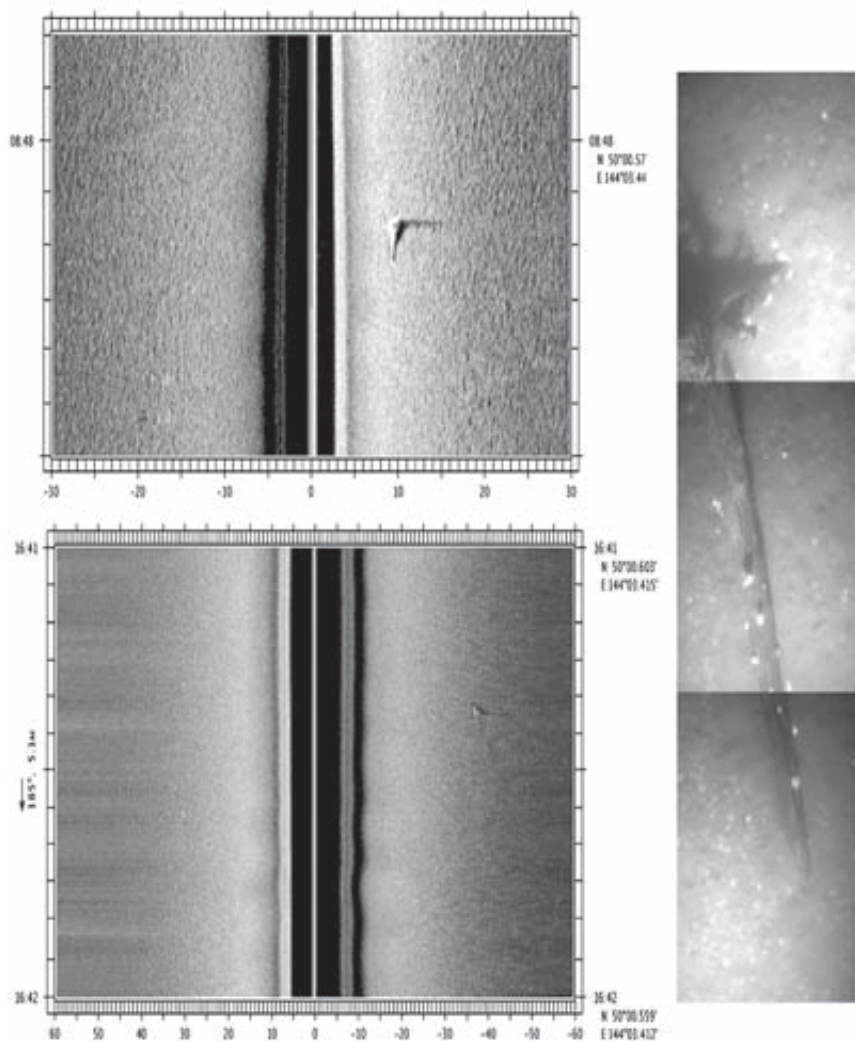


Рис. 9. Фрагменты эхограмм ГБО АНПА и фотографии отмеченного на эхограммах объекта. Справа снимки, полученные телевизионной системой АНПА, внизу – объекта, поднятого водолазами

зафиксированные бортовой навигационной системой.

Фрагменты эхограмм контактов и фотографии объектов, обследованных с помощью фототелевизионной системы АНПА, показаны на рис 9. Здесь же приведена фотография объекта, обнаруженного магнитометром и поднятого водолазами при обследовании одной из целей на ГБО-съемке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе экспедиции была впервые отработана организация крупной комплексной морской операции по поиску потенциально опасных объектов

с участием различных ведомств и использованием комплекса разнообразных технических средств. Это позволило получить практический опыт комплексного исследования состояния морской среды с использованием широкого спектра физических, химических и биологических приборов. В конкретных условиях морской акватории на основе разработанной методики эффективно совмещались гидролокационные и водолазные методы ведения поиска.

2. Выполнены работы по гидролокационному поиску на площади 73,5 км² в установленном районе, в том числе:

- с помощью АНПА «Клаве-син» – 34 км², длина маршрута – 998 км;
- с помощью ГБО-1 – 34,6 км², длина маршрута – 700 км;
- с помощью ГБО-2 – 13,4 км², длина маршрута – 440 км.

В результате экспресс-обработки полученных данных отмечено 1206 эхолокационных контактов, даны их описания, выделены цели, параметры которых соответствуют по различным классификационным признакам искомому объекту. Общий планшет выполненной гидролокационной съемки района представлен на рис. 10.

3. Визуально обследованы водолазами и с помощью фотосистемы АНПА 113 выделенных целей.

4. Обследованы 13 водолазных полигонов, каждый из которых имел площадь 100х100 м, 97 точек гидроакустических контактов и 2 точки магнитометрических контактов. Общая площадь морского дна, обследованного методом визуального поиска, составила ≈140 тыс. м².

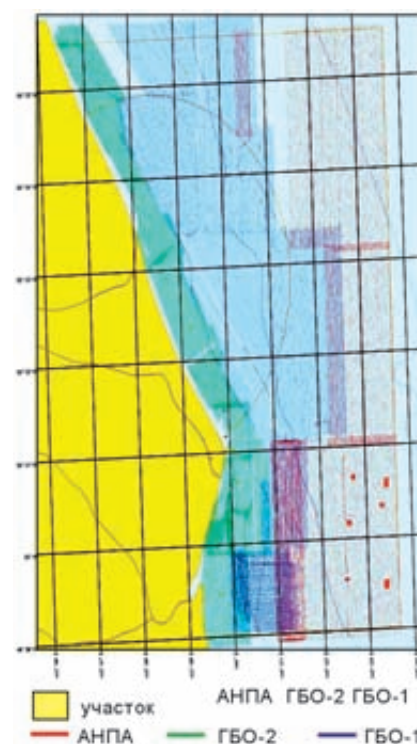


Рис. 10. Общий планшет гидролокационной съемки района

5. Отдельные участки установленного района обследованы средствами электрометрии и магнитометрии. Объект поиска или его фрагменты среди визуально обследованных целей не обнаружены.

6. Выполнен комплексный отбор проб морской воды, донных отложений и биоты. При радиохимическом анализе проб морской воды на содержание радионуклидов искусственного происхождения (цезия-137 и стронция-90) было установлено, что концентрация радионуклидов в исследуемых пробах находилась на нижнем пределе чувствительности метода анализа. В ходе исследований 11 проб донных от-

ложений и биоты был проведен их гамма-спектрометрический анализ на содержание основных радионуклидов (Ra^{226} , Th^{232} , K^{40}), а также радионуклидов искусственного происхождения (Cs^{137}). В отобранных образцах проб морской воды, донных отложений и биоты превышений контролируемых показателей концентраций естественных и искусственных радионуклидов над их фоновыми значениями не обнаружено.

Экологическое состояние обследованного района в обследованных точках в данный момент удовлетворительное.

Полученные результаты и методики могут быть использованы в дальнейшем на любых

акваториях, содержащих подводные потенциально опасные объекты.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность участникам экспедиции – сотрудникам ИПМТ ДВО РАН, внесшим большой вклад в проведенную работу: Хмелькову Д.Б., Ищенко С.А., Каморному А.В., Сенину Р.А., Багницкому А.С., Агафонову И.Б., всем специалистам института, принявшим участие в подготовке оборудования к поисковым работам, а также коллегам из других организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москалев Н.Г. Подводный поиск утерянной радиоизотопной установки в сложном районе Охотского моря // Морские испытания. 2007. № 2. С. 14-27.
2. Инзарцев А.В., Каморный А.В., Львов О.Ю., Матвиенко Ю.В., Рылов Н.И. Применение автономного необитаемого подводного аппарата для научных исследований в Арктике // Подводные исследования и робототехника. 2007. № 2(4). С. 5-14.

