

Н.И.Ковалев канд.техн.наук, И.В.Лямцева
Севастопольский Национальный университет ядерной энергии и
промышленности, г.Севастополь, Украина

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ГЕОГОЛОГРАФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПОИСКА РАДИОАКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЗАГРЯЗНЕННОГО МОРСКОГО ГРУНТА

Рассматривается опыт комплексного применения дистанционного геоголографического комплекса зондирования земли «Поиск» и результатов обработки детальных аэрокосмических фотоснимков для обнаружения и дистанционной идентификации, находящихся под слоем грунта затопленных объектов, представляющих техногенную экологическую опасность (плавсредств с остатками ГСМ, торпед и ракет с остатками топлива, морских мин, авиационных бомб, контейнеров с боевыми отравляющими веществами, свалок техногенного мусора и участков грунта с просыпью урановых руд).

Проблема и задачи

При решении экологической программы по комплексной экологической очистке прибрежных территорий Азово-Черноморского бассейна от промышленных и бытовых отходов с паспортизацией акватории в рамках закона Украины от 22.03.2001 г. № 233 – III необходимо обследовать большие площади акватории для выявления затопленных объектов, представляющих техногенную экологическую опасность. Для выполнения поисковых работ традиционными техническими средствами поиска затопленных объектов требуются значительные финансовые средства на длительное привлечение морских плавсредств. Обнаружение крупных затопленных плавсредств не представляет сложности. Мелкие объекты (морские мины, торпеды, ракеты, авиационные бомбы, контейнера с боевыми отравляющими веществами), как правило, занесены слоем морского грунта до глубин 2 – 3 м. Особую опасность в бухтах Черного и Азовского морей представляет контейнера с боевыми отравляющими веществами, затопленными при уничтожении химического оружия в период Великой Отечественной войны (1941 г.) и в период его массового уничтожения (1950 – 1954 г.). по оценкам специалистов общий объем затопленного химического оружия в территориальных водах Украины может составлять приблизительно – 200 - 250 т. Сложность поиска затопленных контейнеров (бочки объемами 100 и 200 л.) заключается в том, что контейнеры сбрасывались с плавсредств на значительных расстояниях друг от друга (300 – 400 м.) в местах с илистым или песчаным дном. В настоящее время контейнеры находятся под слоем донного грунта толщиной 1,5 – 2 м. и не регистрируются гидроакустическими комплексами и гидроакустическими станциями кругового обзора. Некоторые контейнеры выброшены морем на мелководья, занесены песком и могут находиться среди камней и вблизи затопленных объектов.

Для обнаружения участков свалок техногенного мусора и просыпей урановых руд требуются большие объемы работ по отбору и обработке проб морского грунта на различных глубинах морского дна.

Оперативно решить поставленные задачи удалось путем применения современных дистанционных средств – аппаратуры дистанционного геологического комплекса «Поиск».

В 1996 – 2004 годах группой ученых СНУЯЭиП и НПП «Пирамис» была разработана резонансная аппаратура для дистанционного зондирования недр Земли до глубин 5 км., позволяющая обнаруживать и оконтуривать различные полезные ископаемые (углеводороды, полиметаллы), подземные питьевые и геотермальные воды.

Состав аппаратуры комплекса «Поиск» и спецоборудования

Геологический дистанционный комплекс зондирования земли состоит из следующих приборов, узлов, установок, программных продуктов:

- комплекта приборов аэрофотосъемки (при необходимости ТАВР-М1, УМК и др.) с лазерной «подсветкой» района обследования;
- исследовательских установок ядерно-магнитного резонанса;
- установок электронного парамагнитного резонанса;
- угломера и лазерного дальномера, установленных на держателе;
- исследовательского реактора на тепловых нейтронах ИР-100 с откатным коробом в активной зоне (нейтронный поток 2×10^{12} н/см² с) и стационарной установки гамма-излучения с мощностью дозы до 1000 р/час;
- химической и радиохимической лабораторий 2 класса для работы с изотопами и редкими элементами;
- спектрометрической установки с ППД и радиометрической установки низко-фоновой УМФ-2000;
- генераторов СВЧ-излучений различных частот от 0,1-60 ТГц;
- лазерных установок малой мощности, совмещенных с устройствами вращательного электромагнитного поля;
- технологического узла для химической обработки фотоснимков с установкой вакуумного нанесения на них приготовленных растворов лактозы;
- электронных приставок для сканирования с фотоснимков и образцов материалов корпусов и оборудования объектов, а также ГСМ, ОБ, урановых руд и информационно-энергетических спектров и блоков спектров записи на «тестовые» и «рабочие» голограммы;
- образцовых голографических матриц с записанными спектрами ЯМР атомов веществ (металлов и органических веществ) и идентифицируемых веществ;
- морских карт и цветных космических фотоснимков районов поиска для настройки и проверки работоспособности мобильной аппаратуры комплекса на известных затопленных объектах;
- электромагнитной камеры (Кирлиан-камеры) для визуализации затопленных объектов на аэрокосмических снимках и переноса их на морскую карту района поиска с помощью видеокамеры «Стейшн-5Н», совмещенных с ПЭВМ;
- приемно-фазовых антенн широкого обзора;

- плавсредства с размещением аппаратуры мобильного комплекса «Поиск»;
- приемников GPS map-60 (США);
- мобильной связи и вспомогательного оборудования;
- геофизических приборов (теодолитов) с закрепленными на них узконаправленными антеннами СВЧ-излучений (для определения пеленгов и углов наклонов луча);
- носимых приборов визуальной регистрации спектральных резонансных линий веществ (металлов) над затопленными объектами;
- ноутбука с программными продуктами для записи и обработки геофизических измерений в морских условиях;
- программного комплекса ПЭВМ для определения координат затопленных объектов и отображения их на морской карте района;
- стационарного идентификационного комплекса «Спектр» для последовательной расшифровки резонансных распознавательных спектров искомых веществ;
- центра для обработки геофизических характеристик уточнения (проверки) результатов идентификации объектов и определения глубин их заноса грунтом;
- редакционно-издательского комплекса для подготовки карт, отчетных документов и материалов по интегральной идентификации объектов и взрывчатых изделий;
- защищенного ноутбука Cetar A-770, совмещенного с приемником глобальной системой позиционирования GPS-map-60M с программным продуктом по идентификации различных типов ОБ и определению координат и глубин заноса грунтом затопленных контейнеров с ОБ;
- портативной радиостанции на 3-и абонента для поддержания связи между группами лазерной подсветки района обследования;
- видеоаппаратуры и компьютерной техники с программным продуктом для оперативного получения и обработки выполненных измерений резонансных электромагнитных полей над обнаруженным объектом с взрывчатыми веществами;
- прибора для сканирования электромагнитных высокочастотных полей (КВЧ-ИКА «Сем-Тех»), позволяющего регистрировать резонансные частотные спектры ракетного топлива в затопленных ракетах;
- параметрического эхолота-профилографа высокочастотного морского «SIKINS» типа SBP для визуализации объектов, находящихся под слоем грунта (песок, ил) до глубин 6 м;
- атомно-абсорбционного спектрофотометра «Сатурн-4М»;
- материалы тестовых носителей резонансных спектров металлов на основе смесей лактозы, поливинилового спирта и микроколичества редких элементов (изготовление выполняется в условиях радиационно-химических воздействий на ИР-100).

В процессе исследований и дальнейших совершенствований технологий появилась возможность идентифицировать с помощью данной аппаратуры (комплекс «Поиск») различные металлические объекты под землей (под водой) и определять дистанционно типы отравляющих веществ и ГСМ без отбора проб.

Новый перспективный метод и аппаратура были успешно использованы при выполнении государственной программы «Меганом» (поиск и уничтожение остатков химического оружия, затопленного в прибрежных районах Черного и Азовского морей и в территориальных водах Украины: 1997 – 2005 гг.; продлена до 2010 г. в соответствии с поручением Президента Украины и ПКМ Украины, № 145 от 25.11.1996г.). Работа выполнялась по заказу МЧС Украины. Выполнены 4 научно-исследовательские работы – «Поиск - 1» (2004 г. – тендерная работа), «Поиск - 2» (2005 г.), «Поиск - 3» (2006 г.), «Поиск - 4»(2007 г.).

Во время этих исследований были разработаны «Методики дистанционного определения координат затопленных контейнеров с химическим оружием на глубинах до 200 м.», «Методика дистанционной идентификации типов химических веществ в затопленных контейнерах без их вскрытия» и «Методика дистанционного оконтуривания районов с загрязненным морским грунтом и определения глубины заноса контейнеров морским грунтом». Обследовано более 40 000 квадратных километров акватории, дистанционно обнаружены и определены координаты затопленных контейнеров (более 1 000 шт) на различных глубинах (в том числе – под морским грунтом, около 70 %). Были идентифицированы типы веществ в контейнерах. Результаты подтверждались спусками водолазов и химическим анализом отобранных из контейнеров проб и проб грунтов. Выполненные работы обеспечили ускорение поисков и ликвидации затопленных контейнеров с химическими веществами, а также позволили сократить затраты на их выполнение в 12 – 15 раз.

В течение 2006 – 2007 г. метод и аппаратура были адаптированы для поиска и идентификации затопленных объектов в прибрежных районах Азовского и Черного морей в рамках совместного выполнения работ (СНУЯЭиП и ООО «Ситалл») по заказу Минэкологии Украины. В ходе выполнения данной программы выполнены две хоздоговорные научно-исследовательские работы:

1. «Дистанционное определение в Феодосийском заливе с помощью геологического комплекса «Поиск» затопленных объектов, представляющих экологическую опасность, содержащих боеприпасы, остатки ГСМ и боевые отравляющие вещества»;

2. «Проведение мероприятий по комплексной экологической очистке Азово-Черноморских акваторий от загрязнений с последующей экологической паспортизацией акваторий»;

В период данных работ отработан способ и технология оперативного дистанционного определения координат нахождения экологически опасных объектов затопленных (на глубинах до 500 м) и находящихся по слою грунта (до 6 м), а также их дистанционная идентификация. Обследована акватория более 20 000 км². После определения координат затопленных объектов и их идентификация с помощью геологического комплекса «Поиск» выполнялись водолазные работы по фотодокументированию объектов, находящихся на грунте. При глубинах более 40 м фотодокументирование объектов проводилось с применением глубоководного аппарата «Омар». При нахождении объектов под слоем грунта до 6 м документирование объектов проводилось с помощью эхолота – профилографа марки «SIKINS» типа SBP.

При этом плавсредства с размещенных на них приемников GPS и эхолота – профилографа, наводилось непосредственно в точку нахождения объекта по «лучу» СВЧ-излучателя мобильной резонансной аппаратуры комплекса «Поиск», установленной на этом плавсредстве.

В основу технологии взят способ дистанционной идентификации различных веществ по измерению характерного распознавательного признака – высокочастотного резонансного информационно-энергетического спектра атомов различных металлов, органических и неорганических веществ. Способ запатентован авторским коллективом в Украине и России. Способ реализуется с помощью приемопередающей резонансной, лазерной аппаратуры и установок ЯМР комплекса «Поиск». Аппаратура обеспечивает запись информационно-энергетических спектров с образцов идентифицируемых веществ, либо характерных металлов, входящих в состав конструкционных материалов затопленных объектов. Данные спектры записываются с помощью установки ЯМР или атомно-абсорбционного спектрофотометра на полиметаллоорганические носители (матрицы), которые активируются с помощью высокочастотного гамма-излучения на исследовательском ядерном реакторе ИР-100. С матриц резонансные частотные спектры модулируются генераторами СВЧ-излучения (0,1 – 10 ТГц) и направляются узконаправленными антеннами на искомый объект.

При возникновении резонансных явлений в материале (корпусе) затопленного объекта над ним образуется характерное магнитное поле, которое регистрируется приборами-приемниками, настроенными на резонансную частоту этого поля. Высокая чувствительность аппаратуры обеспечивает дальность обнаружения объектов с берега до 5 км, а также позволяет считывать частотный резонансный спектр различных веществ непосредственно с космического фотоснимка, выполненного при лазерной «подсветке» района поиска (6 км×6 км). Для визуализации границ контуров объектов космические фотоснимки обрабатываются в радиационных полях дозами гамма-излучения более $5 \cdot 10^4$ Р.

Достоинства и отличительные показатели технологии:

- универсальность, возможность дистанционного поиска любых типов конструкционных материалов затопленных объектов по их характерным информационно-энергетическим спектрам;
- высокая степень достоверности избирательного обнаружения конкретного металла, химического вещества, полиметаллов в объекте, в руде, в минерале, в воде (более 90 %);
- возможность дистанционного определения границ контуров районов с затопленными объектами и крупных объектов по расшифровке космического фотоснимка, что обеспечивает масштабность проведения поисковых работ и их оперативность;
- мобильность аппаратуры, позволяющая использовать ее при установке на плавсредствах, автотранспорте и вертолете;

В результате работ в течение 2004-2007 года были обнаружены и идентифицированы:

- затопленные контейнеры с боевыми химическими веществами более 1000 шт;
- авиационные бомбы – 50 т;
- снаряды более – 50 т;
- ракет с остатками топлива – 48 шт;
- торпед с остатками керосина – 06 шт;
- морских мин – 2 шт;
- барж с боеприпасами – 10 шт;
- плавсредств с боеприпасами, остатками ГСМ и контейнеров с химическим оружием – 4 шт;
- военных корабля с остатками боеприпасов и ГСМ – 06 шт;
- оконтурены свалки технического мусора и авиационных химических боеприпасов – 4 шт.
- оконтурен участок грунта с просыпями урановых руд площадью 250 м. х 150 м. на глубинах 12 – 14 м., занесенного слоем песка 1 – 1,2 м.

Выводы

1. В результате выполнения поисковых работ обследовано около 60 км² акватории, выявлено, идентифицировано и подтверждено (выборочно) водолазами значительное количество объектов, представляющих высокую техногенную экологическую опасность.

2. Разработаны рекомендации по использованию дистанционного комплекса «Поиск» для ведения экологического мониторинга окружающей природной среды, обнаружения утерянных радиоактивных изотопов и оконтуривания загрязненного радионуклидами и тяжелыми металлами морских грунтов.

Список литературы

1. Г.А. Белявский, В.А. Гох, Н.И. Ковалев и др. Новое в дистанционном экологическом мониторинге подземных и подводных объектов, а также поисках полезных ископаемых. Сб. «Экология и ресурсы», № 9, Киев, 2004. С. 108-114
2. Гох В.А. Способ гидродиагностики, патент Украины G01V 9/02 №13408 А, 16.12.1996.
3. Гох В.А. Способ разведки полезных ископаемых, патент Российской Федерации, МПК – 7 G 01 V 3/12, Ru, 2004 г.
4. Г.А. Белявский, В.А. Гох, Н.И. Ковалев и др. Оценка возможностей дистанционного поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах. НТСб СНУЯЭиП, г. Севастополь, № 8, 2003.
5. Ковалев Н.И., Гох В.А., Филимонова Т.А. Оценка возможностей использования дистанционных технологий поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах г. Научно-технический журнал «Технологии ТЭК», третья всероссийская научно-практическая конференция Томск, 20-24 сентября 2004г.
6. Ковалев Н.И., Пухлий В.А., Пухлий Ж.А. Дистанционные методы обнаружения, регистрации и идентификации радиоактивных и стабильных изотопов на основе применения лазеров. НТСб СНУЯЭиП № 18, г. Севастополь, 2007г.
7. Ковалев Н.И., Пименова А.А., Белявский Г.А., Кошик Ю.И. Оценка возможности применения дистанционного геолографического комплекса «поиск» для обеспечения технологии скважинного подземного выщелачивания урана. НТСб СНУЯЭиП № 16, г. Севастополь, 2005г.
8. Майков В.П., Иванов В.А., Ташлык М.П. Выявление геофизических аномалий по фотоснимкам из космоса. Доклад на IX международном симпозиуме «Перестройка естествознания - 98», 17-19 апреля 1998г.