

УДК 001.51; 001.18

## КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ГІДРОАКУСТИКИ В УКРАЇНІ

© А.І. Гончар, 2006

Науково-технічний центр панорамних акустичних систем НАН України, м. Запоріжжя

Розглянуто комплекс заходів розвитку гідроакустичних засобів в Україні. Розкрито сутність морських інформаційних технологій.

Рассмотрен комплекс мероприятий развития гидроакустических средств в Украине. Раскрыта суть морских информационных технологий.

Package plan of hydroacoustic means development in Ukraine has been considered. Content of marine information technologies has been presented.

Необхідність нарощування економічного потенціалу України, підвищення її геополітичної і економічної ролі у Чорноморсько-Середземноморському регіоні, в Європейському союзі і Світовій економічній системі в цілому обумовлюють необхідність реалізації її науково-технічного і виробничого потенціалу, розвитку наукомістких технологій і технічних засобів досліджень акваторій Світового океану.

Рівень вимог до океанографічної інформації залежить як від географічного положення, так і прийнятої морської доктрини країни. Окремі морські держави розглядають Світовий океан як ключ до національної безпеки і відповідно висувують жорсткіші вимоги до знання окремих характеристик параметрів станів океанського середовища і їхньої тимчасової мінливості.

Усе це в сукупності визначає обсяги фундаментальних і прикладних досліджень, серед яких вивчення рельєфу дна, дослідження складу та різноманітних властивостей морських ґрунтів і осадових порід, вивчення гравітаційного, магнітного, електричного та інших полів у Світовому океані, акустичної взаємодії океанської товщі і дна, створення геолого-акустичних моделей на окремі райони Світового океану, а також створення морських інформаційних технологій, під якими розуміється цілісний процес і, відповідно, технологія збору, обробки і доставки інформації споживачу.

Складовими частинами морських інформаційних технологій є:

- датчики, що вимірюють параметри полів різної фізичної природи,
- телекомунікаційні системи доставки інформації,
- геоінформаційні системи обробки, архівації і візуалізації інформації.

### ГІДРОАКУСТИЧНІ ДАТЧИКИ І ТЕХНОЛОГІЇ НА ЇХ ОСНОВІ

Звукові хвилі – єдиний вид хвиль, які мають можливість розповсюджуватися в морському середовищі без великого ослаблення на значні відстані, тому на їх основі створюються дистанційні методи і технології вивчення рельєфу дна, дослідження складу і різноманітних властивостей морських ґрунтів і відкладних порід, визначення глибин і виявлення рухомих і нерухомих об'єктів, пошук затонулих і замулених об'єктів різних розмірів і конфігурації, дослідження стану підводних частин гідротехнічних споруд, неоднорідностей морського середовища та ін.

З використанням гідроакустичних засобів (датчиків) створюються і виконуються такі технології:

1. геоакустичні,
2. розвідки сировинних і біологічних ресурсів,
3. моніторингу стратифікації морського середовища,
4. комплексного моніторингу експлуатації трубопровідних систем вуглеводневої сировини,
5. гідроакустичні в боротьбі з морськими мінами,
6. виявлення і класифікації підводних диверсійних сил,
7. гідроакустичні станції і комплекси надводних кораблів та підводних апаратів,
8. гідроакустичні системи висвітлення підводної обстановки в зоні відповідальності.

Більшість з цих технологій має однорідні складові та може використовуватися для рішення декількох задач, тобто є технологіями подвійного призначення. Через це зусилля усіх відомств, організацій та установ, інтереси яких так або інакше пов'язані з водним середовищем, повинні бути з'єднані на комплексному вирішенні проблем.

### **1. Геоакустичні технології**

Геоакустичні технології – технології наукових досліджень дна і донних відкладів, розвідки мінеральних ресурсів, екологічного моніторингу акваторій при їх видобутку і транспортуванні та ін. - передбачають використання ехолотів, гідролокаторів бокового огляду, профілографів.

Багатопротеневі ехолоти дають найточнішу і найдосконалішу інформацію про морське дно, вони дозволяють отримати інформацію про глибину в площині, перпендикулярній напрямку руху судна, в широкому секторі огляду (до 160°) з високою розрізнявальною здатністю по глибині (до 6 мм), мають до 240 променів. За останні роки широко використовуються розвиненими державами для вивчення дна, складання електронних карт найбільш відповідальних акваторій – суднохідних каналів, фарватерів, бухт і т.п. Завдяки високій розрізнявальній здатності по глибині можуть також використовуватися для контролю стану прокладених по дну трубопроводів (визначення можливого прогину, який загрожує зруйнуванням).

Досвід створення таких ехолотів в Україні відсутній, тому необхідно вивчення його особливостей, насамперед, антенної системи, та на основі такого вивчення створення власних багатопротеневих ехолотів для виміру глибин до 100 м та 2000 м, (в забезпечення досліджень Азово-Чорноморського басейну та ін. районів Світового океану з такими глибинами), до 11000 м – для досліджень глибоководних районів Світового океану на перспективу.

Гідролокатори бокового огляду забезпечують вивчення рельєфу дна по площі, виявлення змін донного ґрунту, пошук затонулих об'єктів. Доповнені фазовими каналами забезпечують також вимірювання глибин в смугі огляду, що дорівнює приблизно семи глибинам під антеною з погрешністю на кінці смуги не більш 3 %, що дозволяє визначати висоту окремих деталей рельєфу (підйомів) і великих затонулих об'єктів на дні та відрізнити підйоми від змін типу ґрунтів. Відрізняються високою розрізнявальною здатністю, продуктивністю та простотою. Мають специфічні антени з характеристиками направленості вузькими (1 - 3 °) в горизонтальній площині і широкими (30 – 40 °) у вертикальній. Завдяки високій розрізнявальній здатності дають детальну картину обстеження дна, підводних

частин гідротехнічних споруд (кабелів зв'язку, трубопроводів, інших технічних об'єктів), можливість виявлення малорозмірних підводних об'єктів, у тому числі замулених.

Для геоакустичних досліджень в Азово-Чорноморському басейні, тобто до глибин до 2000 м доцільно створення і використання трьох гідролокаторів бокового огляду (ГБО-100, ГБО-500, ГБО-2000), для більш глибоких районів Світового океану ще один (ГБО-6000).

Гідроакустичний профілограф – це технічний засіб, призначений для вивчення будови, гранулометричного складу і фізико-механічних характеристик шаруватого донного ґрунту і являє собою за принципом дії і складу апаратури найчастіше спеціалізований ехолот.

Для збільшення глибини проникання в ґрунт до складу профілографа включають параметричний акустичний випромінювач.

Завдяки можливості випромінювання низьких частот (0,5 – 5 кГц), вузьким характеристикам направленості, малим габаритам, широкосмугастості параметричний профілограф дозволяє домогтися високого просторового розрізнення по куту і дистанції, одержати інформацію про властивості ґрунту. При цьому «озвучений» об'єм на різних частотах буде однаковим завдяки сталості форми характеристики направленості параметричної антени в широкому частотному діапазоні.

Сучасні профілографи мають функціональні можливості виконувати стратифікацію осадових шарів дна з розрізнявальною здатністю до 7 см при глибині зондування ґрунту до 100 м; пошарове визначення коефіцієнта відбиття та інших акустичних характеристик донних відкладів; автоматичну класифікацію ґрунту на чотири гранулометричних класи – мули, глини, піски, грубоуламкові відклади (скельний ґрунт); автоматичний вимір поточної глибини місця; формування масивів вимірюваних глибин шарів із визначенням типу ґрунту і прив'язкою до поточних координат, що надходять від прийомоіндикатора GPS, необхідних для складання ґрунтових карт і розрізів донного ґрунту; архівування і відтворення первинної інформації робочих галсів. На цей час це спеціалізований гідроакустичний комплекс, призначений для виконання робіт з дистанційної ґрунтової зйомки, що з'явилося якісним стрибком у розвитку та удосконаленні технічних засобів зйомки рельєфу і ґрунту.

На цей час проблеми створення технології автоматизованої дистанційної ґрунтової зйомки та профілографу для цього вивчаються в Науково-технічному центрі панорамних акустичних систем НАН України з метою створення теоретичних основ їх розробки.

## **2. Технології і гідроакустичні засоби розвідки і оцінки біоресурсів**

Крім основного призначення – пошуку риби, гідроакустичними засобами розвідки і оцінки біоресурсів виконується видова і кількісна класифікація риб, оцінка рибних запасів, автоматизація процесу пошуків і супроводження об'єктів лову, контроль стану та заповнення рибою засобів лову, контроль оточуючої обстановки промислу з видачею рекомендацій по управлінню судном в процесі пошуку і лову промислових об'єктів. Для цього використовуються гідролокатори кругового огляду, рибопошукові ехолоти, гідроакустичні засоби контролю снастей лову (тралові гідролокатори).

Сучасна рибопошукова апаратура – це системи з адаптивною оптимізацією (до конкретних умов підводного спостереження), які мають параметричні антени, що буксируються на глибинах до декількох сот метрів, використовують складні зондуючі сигнали, забезпечують пошук рибних скупчень на дистанціях від декількох метрів до 3500 м і більш. За радянські часи розробка і виготовлення рибопошукової апаратури здійснювалось

в Таганрозькому радіотехнічному інституті та КБ „Прибій”. На цей час сучасної рибопошукової апаратури в Україні не виготовляється.

### **3. Технології моніторингу стратифікації морського середовища**

За допомогою технології моніторингу стратифікації морського середовища з використанням гідроакустичних засобів здійснюється екологічний контроль акваторій при експлуатації морських трубопровідних систем, виявлення витоків продукту, що транспортується. При розвідці сировинних ресурсів дна морів вони використовуються за ознакою виходів газу із дна в вигляді пухирців, що піднімаються скрізь товщу води, а також так званих „грязьових вулканів”, при розвідці біологічних ресурсів використовуються для виявлення звукорозсіюючих шарів, створених скупченнями криля і водоростей, в системах освітлення підводної обстановки - для виявлення кільватерних слідів від об'єктів, які рухалися в зоні огляду декілька часів тому.

Такі технології використовують панорамні гідроакустичні засоби (гідролокатори бокового, кругового (секторного) огляду, ехолоти з різними частотними діапазонами та вузьконаправленими антенами.

### **4. Технології комплексного моніторингу експлуатації трубопровідних систем вуглеводневої сировини**

Використання трубопровідних систем транспортування вуглеводневої сировини по дну морів і водоймищ потребує ретельного дослідження донних ґрунтів при виборі траси прокладки, поточного моніторингу ґрунтів і рельєфу дна по трасі трубопроводу, контролю його технічного стану, виявлення ділянок, які потребують прийняття негайних заходів, виявлення місць витоків вуглеводневої сировини, дистанційних вимірювань і управління роботою підводного обладнання, контроль за ліквідацією екологічних порушень і т.д.

Діагностика і моніторинг технічного стану морських трубопроводів має низку особливостей, серед яких: недоступність для прямої візуальної діагностики їх просторового положення та ушкоджень без використання спеціальних гідроакустичних засобів, помітна часова мінливість багатошарової структури донного ґрунту, на якому розташовані трубопроводи, через вплив підводних течій, сейсмічних навантажень, і т.п., що може призвести до зміни напруженого стану трубопроводів за рахунок утворення вільних провисів трубопроводу на нерівностях дна, а також за рахунок підвищеного рівня вібрацій таких ділянок трубопроводу та руйнування його ґрунтом.

Найбільш повно періодичну діагностику і моніторинг підводних трубопроводів протягом їх життєвих циклів можливо реалізувати за допомогою спеціалізованої системи гідроакустичних засобів, яка повинна виконувати такі завдання: картування в різних масштабах поточного просторового (тримірного) положення трубопроводу відносно ґрунту і зони відчуження уздовж траси його прокладки, включаючи виявлення невідомих предметів, профілювання рельєфу уздовж траси прокладки, визначення стратифікації відкладних шарів дна, виявлення та визначення ділянок трубопроводу, з котрих відбувається витік продукту, оцінка розмірів цих ділянок, виявлення та визначення ділянок трубопроводу з підвищеним рівнем вібрацій, видачу отриманої інформації в базу даних оцінки технічного стану трубопроводу [1].

Виконання цих завдань реалізується за допомогою гідроакустичних засобів зовнішньої діагностики у такому складі:

- судновий гідроакустичний комплекс, засоби якого розташовуються безпосередньо на борту судна, або в носії, що буксирується,

- гідроакустичний комплекс, засоби якого розташовуються на автономних ненаселених підводних апаратах, що використовуються в зонах діагностики, які не підконтрольні судновому гідроакустичному комплексу.

До складу судового гідроакустичного комплексу входять: гідролокатор бокового огляду - інтерферометр, гідролокатор кругового (секторного) огляду (для поточного виявлення трубопроводу і орієнтації руху судна уздовж траси його прокладки, картування зони відчуження і виявлення сторонніх об'єктів), профілограф та ехолот (для поточного профілювання рельєфу дна уздовж траси прокладки трубопроводу та визначення стратифікації відкладних шарів дна), вимірник швидкості звуку (для обліку впливу вертикального розподілу швидкості звуку по глибині на параметри, що оцінюються), система позиціонування судна за допомогою гідроакустичних маяків-відповідачів (при проведенні ремонтно-відновних робіт).

Гідроакустична апаратура, що буксирується, містить: гідролокатор бокового огляду - інтерферометр середньо- та високочастотний (для трьохмірного картування рельєфу дна уздовж траси прокладки трубопроводу з різною розрізнявальною здатністю та зоною огляду), багатопроменевий високочастотний ехолот (трьохмірного картування положення трубопроводу уздовж траси його прокладки і зони відчуження з високою розрізнявальною здатністю), гідроакустичний визначник витoku продукту (для оцінки по шуму струменя, що витікає, місця розташування і розміру джерела витoku), гідроакустичний визначник рівня вібрацій (для реєстрації ділянок трубопроводу з підвищеним рівнем вібрацій), систему визначення місця розташування носія, що буксирується, відносно судна (доплерівський лаг, глибиномір).

Гідроакустичні засоби АНПА містять: багатопроменеву гідроакустичну батиметричну систему (для дистанційного зондування і зйомки морського дна та трубопроводу, гідролокатор бокового огляду - інтерферометр середньо - та високочастотний, параметричний профілограф, систему гідроакустичної навігації АНПА відносно судна, систему телеуправління, систему архівування (консервації) гідроакустичної інформації [2].

На цей час в Україні сучасні гідроакустичні засоби моніторингу підводних трубопроводів, у т.ч. АНПА, відсутні, тому необхідно вирішити теоретичні проблемні питання створення сучасного АНПА з відповідним гідроакустичним обладнанням та виконати розробку усіх гідроакустичних засобів, які потрібні для контролю стану підводних трубопроводів.

### **5. Гідроакустичні технології в боротьбі з морськими мінами**

Боротьба з морськими мінами розцінюється сьогодні як одна з пріоритетних задач для багатьох країн, де мінна загроза існує або як спадщина війни і локальних конфліктів, або як засіб тероризму.

Найкращі сучасні протимінні системи, призначені для виявлення і знищення морських мін, використовують новітні досягнення гідроакустики в поєднанні з оптичними засобами, магнітометрами та інформаційними технологіями. Вигляд сучасної протимінної системи це багаторівневий інформаційний комплекс, у якому верхній рівень належить береговому інформаційному центру (БЦ), а кораблі-тральщики перетворилися в її резидентів, висунутих у море для здійснення команд БЦ.

Нещодавно тральщик розглядався як самостійна система, здатна цілком вирішити всі задачі по виявленню і нейтралізації мін. Однак, спершу контактні і неконтактні трали втратили свою ефективність через підвищену тральну стійкість морських мін, а потім менш ефективними стали і гідроакустичні станції міношукування (ГАСМ), тільки-но застарілі якірні міни замінили донні міни з протигідрокаційним покриттям, замасковані під випадкові безпечні або замулені об'єкти.

Ці причини викликали переворот в області гідроакустичних технологій у боротьбі з морськими мінами, що відбувається в наші дні і поки ще не завершений.

Цей переворот характеризується як перехід від простого виявлення міни як локальної гідрокаційної цілі на навколишньому фоні до найдокладнішого моніторингу підводної обстановки методом складання детальної гідрокаційної карти цікавлячих ділянок морського дна з докладним обстеженням кожної підозрілої цілі і фіксацією всіх локальних змін.

При цьому, оскільки фізичні розміри сучасної морської міни мають значення порядку 1 м, то і розрізнявальна здатність, і точність прив'язки гідрокаційної карти повинні бути не гірше цього значення. Саме ці вимоги слугували причиною підвищення направленості і робочої частоти підкільних гідролокаторів секторного і кругового огляду, а також включення гідролокаторів бокового огляду до складу гідроакустичного озброєння тральщиків.

Таким чином, відбулося об'єднання двох технологій: традиційної гідрокаційної і гідрокаційної бокового огляду, що споконвічно застосовувалася для обстеження морського дна.

Використання «тіньового» способу класифікації донних мін і виявлена можливість поліпшення виділення міни на навколишньому фоні при малих кутах ковзання акустичного променя (особливості ГБО) стимулювали появу трактів ГАСМ з антенами перемінної глибини, у яких найповніше втілені ідеї «тіньової» класифікації і виділення мін на навколишньому фоні за ознаками розміру і форми цілі на індикаторі гідролокатора.

Реалізована ідея складання гідрокаційних карт шляхом зшивки даних бокового огляду виправдовується у випадку, коли поверхня дна відносно рівна та однорідна.

Акустична неоднорідність і особливо нерівність дна різко погіршують якість гідрокаційного зображення і виділення об'єкта. Зображення нерівності дна на екрані різко змінюється в залежності від ракурсу та відстані від дна. Без спеціальних процедур неможливо поєднати гідрокаційне зображення однієї й тієї ж ділянки нерівного дна на екранах різних гідролокаторів, або на екрані того самого гідролокатора, якщо змінилася геометрія огляду.

Звідси випливає, що для нагромадження гідрокаційних зображень у банку даних, вони мають приводитись до визначеного стандарту. При подальшому використанні гідрокаційних карт морського дна для моніторингу з метою виявлення будь-яких змін на поверхні дна, обстеження міноподібних цілей, що з'явилися, і керування операціями, будь-яка процедура монтажу гідрокаційної карти з картиною, що реально спостерігається на екранах ГАСМ, повинна передбачати перетворення цієї картини в стандартну гідрокаційну карту (або навпаки). Така процедура в сучасних ГАСМ доки відсутня.

Стандартна гідрокаційна карта повинна містити два інформаційних шари. Перший інформаційний шар – розподіл локальних значень коефіцієнта зворотного розсіювання  $S(0)$ , тобто для кута падіння, нормального до поверхні. Локальні значення  $S(0)$  прив'язуються до

горизонтальних координат. Другий інформаційний шар – докладні дані про рельєф дна, на підставі яких може бути визначений нахил будь-якої локальної площадки на поверхні дна. Таким чином, стандартна «гідролокаційна карта» відповідає виду зверху на поверхню дна, на ній відбиває вся акустична неоднорідність, включаючи різні цілі. Слабка частотна залежність зворотного розсіювання звукових хвиль морським дном і цілями у всьому частотному діапазоні ГАСМ робить її універсальним інструментом, що дає можливість зіставляти дані від різних ГАСМ, отримані на різних галсах, при різному заглибленні антен.

В інтересах класифікації цілей у банку даних повинні бути збережені вихідні гідролокаційні картини, отримані в усіх попередніх галсах. Це дасть можливість використання тіньової класифікації цілей, а фіксація тіні при заході на ціль з різних кутів дозволяє відновити форму об'єкта за формою тіні. Важливу інформацію дає оцінка еквівалентного радіуса цілі  $R_e$ , тому «гідролокаційна картина» повинна давати значення  $R_e$  для будь-якої локальної цілі по команді оператора.

Зі сказаного випливає, що пошук сучасних донних мін, в т.ч. замаскованих та замулених, означає різке ускладнення задачі міношукання, для рішення якої сучасні ГАСМ не мають необхідних технічних і програмних можливостей.

Таким чином, до складу гідроакустичного комплексу, який використовується в міношуканні, має бути, крім тракту бокового огляду, включений тракт для докладного виміру рельєфу дна, наприклад, багатоканальний або багатопроменевий ехолот з приповерхневою (до 10 м) стратифікацією дна. При цьому ГАСМ перестає бути просто засобом виявлення цілі, а стає вимірювальним трактом, придатним для складання «гідролокаційних карт» і користування ними. Тральщик та його гідроакустичне озброєння перестають бути самостійним засобом, а стають резидентом берегового інформаційного центру (БІЦ), де зосереджується вся обробка інформації і відбувається керування операцією по пошуку і знищенню мін. Уся система, включаючи БІЦ і тральщик, повинна бути об'єднана засобами телеметрії і зв'язку, що дозволяють здійснювати обмін і обробку інформації в реальному часі, а навігаційне забезпечення повинно забезпечувати прив'язку до координат з точністю порядку 1 м.

Крім того, для дообстеження та знищення донних мін доцільно використання підводних самохідних автономних підводних апаратів-роботів з відповідним гідроакустичним високочастотним обладнанням.

#### ***6. Технології і гідроакустичні станції виявлення і класифікації підводних диверсійних сил***

За допомогою технологій та гідроакустичних станцій виявлення і класифікації підводних диверсійних сил здійснюється:

- охорона одиноких кораблів на якірних стоянках,
- охорона бухт, портів, гідротехнічних споруд (гребель гідроелектростанцій, морських нафтових платформ, трубопроводів і кабельних ліній).

Нині проблема міжнародного морського тероризму здобуває особливу актуальність. Саме мореплавання є однієї зі сфер, де тісно переплетені інтереси і діяльність багатьох державних, суспільних і приватних структур.

Клас підводних диверсійних сил і засобів (ПДСЗ) представляють три групи цілей - надмалі підводні човни (НМПЧ), що мають еквівалентний радіус відбиття гідроакустичних

сигналів  $R_e=1\div 2$  м, підводні диверсанти на засобах руху (ПДЗР) –  $R_e=0,5\div 0,8$  м, підводні диверсанти без засобів руху (ПД)– $R_e=0,2\div 0,5$  м.

Проблеми гідроакустичного виявлення і класифікації ПДСЗ визначаються як їхніми власними якостями (низька відбивна здатність, мала швидкість переміщення...), так і, навіть може бути більшою мірою, зовнішніми умовами.

Акції підводних терористів і диверсантів найбільш ймовірні в прибережних морських районах і на ріках. Зазначені акваторії характеризуються складними і швидкозмінливими гідролого-акустичними умовами: рівень природних перешкод до  $0,05 \text{ Па}\cdot\text{кГц}/\sqrt{\text{Гц}}$ , підвищений рівень донної і поверхневої реверберації, малі глибини місця ( $10\div 20$  м), високий рівень загасання акустичної енергії, а також сильна рефракція звукових променів, особливо у весняно-літній період.

Гідролокатори, призначені для виявлення малорозмірної цілі, що слабо відбиває і повільно рухається, і виділення її на фоні інтенсивних ревербераційних перешкод, відрізняє застосування високої робочої частоти 80-150 кГц і досить мала дальність дії, що дорівнює сотням метрів. Поряд з вимогою знайти ціль на границі охоронюваної зони, як правило, є задача здійснювати спостереження за нею і визначати поточні координати і параметри руху цілі (КПРЦ) на території охоронюваної зони. Тому для розглянутих ГАС характерно застосування кругового (або секторного) огляду за допомогою скануючої характеристики направленості (ХН), або, що більш перспективно, - статичним віялом ХН. Якщо розмір охоронюваної зони перевищує радіус дії ГАС, доводиться використовувати дві або більш ГАС, сектора огляду яких утворюють загальну зону виявлення. В останньому випадку виникає проблема гідроакустичної сумісності двох або більшого числа ГАС, у яких ХН перекриваються в просторі, що в принципі розв'язується.

Основний внесок у ревербераційну перешкоду вносять відбитки (розсіювання) звукових хвиль дном і поверхнею моря. Для донних відбитків характерний твердий їхній зв'язок з елементами донного рельєфу (включаючи нерівності та акустичну неоднорідність) і повторюваність огинаючої ревербераційного процесу від імпульсу до імпульсу. Нерухомість джерел, що породжують зворотне розсіювання від дна, створює принципову можливість виділення рухомих цілей за допомогою доплерівської фільтрації. Однак при характерній для плавця дуже малій швидкості переміщення цілі цей метод не універсальний. Він не працює, якщо відсутня радіальна складова швидкості цілі, або перешкоду визначає поверхнева реверберація, породжена хвилюванням моря. В останньому випадку спектр сигналів поверхневої реверберації перекриває доплерівський спектр ехо-сигналів від цілі і доплерівська фільтрація не може кардинально поліпшити відношення сигнал/перешкода. Як альтернатива доплерівській фільтрації розглядається трасовий аналіз, за допомогою якого на екрані гідролокатора можна виділити трасу невідповідного переміщення локального відбивача — «крапки» на фоні безлічі стаціонарних або рухливих відбивачів з іншими параметрами руху. Однак досить універсальний класичний трасовий аналіз, що розглядає виділення траси цілей на фоні випадкових перешкод з використанням просторової кореляції сигналу і відкиданням некорельованих в просторі оцінок на екрані, у цьому випадку неефективний. Сигнали (що обгинають) донного розсіювання, будучи жорстко прив'язані до координат простору, з погляду просторової кореляції принципово відрізняються від випадкових перешкод, тому неминуче «зав'язування» безлічі помилкових трас. У цьому випадку може бути використана модифікація трасового аналізу, при якій для первісного



виявлення цілей використовується нагромадження ехо-сигналів в усіх напрямках кругового огляду і по N циклах огляду. Для цього кожною з ХН на екрані індикатора виділяється окреме поле індикації, де відображається поточна індикаторна картина в режимі водоспаду. Сумарна картина, «зшита» з окремих зон, складає єдину індикаторну картину в усіх напрямках кругового огляду.

### **7. Гідроакустичні станції і комплекси надводних кораблів, суден та підводних апаратів**

Надводні кораблі, підводні човни та підводні апарати виконують функції маневрених сил освітлення підводної обстановки, а також функції носіїв гідроакустичної апаратури для вивчення гідрофізичних полів Світового океану.

Як плавзасоби, усі надводні кораблі, судна різного призначення, підводні човни та апарати для забезпечення власної безпеки мореплавства повинні мати, в першу чергу, гідроакустичні засоби навігаційного забезпечення. Це сучасні навігаційні ехолоти і гідроакустичні лаги, функціональне призначення яких – вимір глибин з сигналізацією небезпечних глибин та вимір швидкості руху.

Для виконання покладених на них завдань кораблі, судна, підводні апарати і підводні човни повинні мати спеціалізовані гідроакустичні засоби, а саме: пошуково-обслідницькі гідролокатори, станції гідроакустичного зв'язку, системи підводної навігації, гідроакустичні станції освітлення ближньої підводної обстановки та виявлення в зоні відповідальності підводних човнів, підводних апаратів, мін і підводних диверсійних сил.

Основними завданнями, які виконуються гідроакустичними системами кораблів і підводних човнів, є завдання освітлення ближньої підводної обстановки та виявлення в зоні відповідальності підводних човнів, підводних апаратів, мін і підводних диверсійних сил [3].

За режимами роботи корабельні гідроакустичні системи поділяються на системи:

- пасивної гідролокації, за допомогою яких здійснюється виявлення акустичних сигналів, які створюються будь-якими об'єктами в водному середовищі,
- активної гідролокації, за допомогою яких здійснюється випромінювання зондуючих імпульсів та виявлення ехо-сигналів, відбитих від підводних об'єктів.

До класу пасивної гідролокації відносяться три різновиди систем, а саме: гідроакустичні станції шумопеленгування цілей, у тому числі з гнучкими протяжними антенами, що буксируються, гідроакустичні станції пасивного визначення координат і параметрів руху цілей, гідроакустичні станції виявлення сигналів, що випромінюються гідролокаторами, (станції перехвату), до класу активної гідролокації - гідроакустичні станції ехопеленгування, у тому числі з гнучкими протяжними антенами, що буксируються. В гідроакустичних комплексах використовується декілька антен: в носовому обводі велика приймальна конформна антена та циліндрична антена частотного діапазону 220-7500 Гц, спільна для високоточного шумопеленгаторного тракту, тракту ехопеленгування, підсистеми виявлення сигналів гідролокаторів і підсистеми зв'язку, розташовані по кожному борту лінійні антенні бази для пасивного визначення координат і параметрів руху цілей.

Сучасний рівень розвитку корабельних гідроакустичних систем характеризується створенням цілком комплексованих систем з загальними для усіх підсистем процесорами первинної, вторинної обробки, єдиним пультом і системою управління, однак ступінь комплексування гідроакустичних засобів надводних кораблів значно нижчий, чим в підводних човнах.

Сучасні гідроакустичні комплекси підводних човнів використовують міжантенну обробку, тобто сумісну когерентну обробку сигналів, прийнятих антенами, які мають частотні діапазони, що перекриваються.

Пошуково–обслідницьке обладнання - гідролокатори кругового (секторного) і бокового огляду, багатопроменеві ехолоти та профілографи, навігаційні датчики часу, визначення координат, параметрів руху також об'єднуються в комплекси на основі єдиної системи збору, обробки, збереження та відображення інформації. Комплексування здійснюється на основі створення єдиного пульта управління і відображення інформації, використання єдиного накопичувача інформації, єдиних засобів вводу навігаційної інформації і параметрів руху і об'єднання цієї інформації з гідроакустичною інформацією та інформації GPS.

В сучасних гідроакустичних станціях міношукання повинні органічно поєднуватися два функціональних тракту: тракт виявлення міноподібних об'єктів і тракт їх класифікації. Спосіб огляду простору повинен передбачати, як правило, опромінення заданого сектору однією швидко скануючою вузьконаправленою характеристикою направленості і прийом ехо-сигналів за допомогою багатоканальної базованої антенної решітки, яка формує статичне віяло характеристики направленості. З метою підвищення ефективності процесу пошуків міноподібних об'єктів та їх класифікації має передбачатися декілька гідроакустичних антен, що відрізняються частотними і направленими властивостями, при цьому частота тракту класифікації повинна бути в діапазоні 300 - 600 кГц. В пристроях відображення інформації необхідно використовувати дисплейні індикатори, окремі для трактів виявлення і класифікації, які повинні мати режим „лупи” для спостереження за формою і розмірами виявленого об'єкта та його акустичної тіні на дні.

#### **8. Гідроакустичні системи освітлення підводної обстановки в зоні відповідальності**

Система освітлення підводної обстановки держави повинна забезпечити здійснення постійного оперативного моніторингу власних морських рубежів, тобто виявлення, розпізнавання, супроводження та класифікацію підводних об'єктів: підводних човнів, апаратів, мін, диверсійних сил та засобів, до складу якої можуть входити не акустичні, сейсмоакустичні та гідроакустичні (стаціонарні, рубіжні, автономні) засоби.

Стаціонарні гідроакустичні комплекси повинні забезпечувати виявлення, розпізнавання, супроводження та класифікацію з заданою вірогідністю та точністю підводних човнів середньої водотоннажності на дальності не менше 150 км.

Рубіжні гідроакустичні комплекси призначені для прикриття підходів до північно-західної частини Чорного моря (морської зони України), входів у порти та бази, важливих морських об'єктів, місць встановлення антен стаціонарних гідроакустичних комплексів та повинні забезпечувати виявлення, розпізнавання, супроводження та класифікацію з заданою вірогідністю та точністю підводних об'єктів, у тому числі надмалих підводних човнів та підводних диверсійних сил та засобів.

Автономні гідроакустичні комплекси призначені для виявлення, розпізнавання, супроводження та класифікації з заданою вірогідністю та точністю підводних човнів і підводних апаратів в глибоководних районах моря, що не освітлюються стаціонарними та рубіжними гідроакустичними засобами, в інших районах і можуть встановлюватися на надводних кораблях, підводних човнах та підводних апаратах, у тому числі автономних

ненаселених. При цьому при виявленні підводних об'єктів інформація передається на берегові пости спостереження по радіо або гідроакустичному каналу зв'язку [4].

Таким чином, більшість гідроакустичних засобів є складовими частинами декількох технологій. Тому при одночасному дослідженні менш вивчених проблемних питань одних технологій, вирішенні прикладних науково-технічних питань інших технологій і створенні гідроакустичних засобів, які потребують лише виконання дослідно-конструкторських робіт, при достатньому фінансуванні Україна може забезпечити власні потреби власними гідроакустичними засобами.

### **Висновки**

1. Враховуючи, що Україна є морською державою, має державні інтереси (захист морських кордонів, забезпечення безпеки судноплавства, розвідка, видобуток та транспортування мінеральної сировини із морського дна, використання біологічних ресурсів та ін.) в Азовсько-Чорноморському регіоні, а в перспективі й в інших районах Світового океану розвиток гідроакустичної галузі (науки і приладобудування), як основи використання власного географічного і геополітичного положення, є пріоритетним для безпеки України і повинен бути стратегічним завданням морської доктрини держави.

2. Для забезпечення такого розвитку повинно бути надано відповідне фінансування цій галузі. Більшість розвинутих країн світу, що мають вихід до моря, вкладають в гідроакустику мільярди. За радянські часи в галузі гідроакустики в СРСР було досягнуто паритет з іншими країнами світу, і майже пріоритет в окремих областях, які на жаль, за останні 15 років на пострадянському просторі утрачені. Але фінансування гідроакустичної галузі в Росії, наприклад, вже досягло рівня 1991 року. Враховуючи, що більшість гідроакустичних засобів є складовими частинами декількох технологій, тому при одночасному дослідженні менш вивчених проблемних питань одних технологій, вирішенні прикладних науково-технічних питань інших технологій і створенні гідроакустичних засобів, які потребують лише виконання дослідно-конструкторських робіт, при достатньому фінансуванні Україна може забезпечити незалежність і власні потреби власними гідроакустичними засобами.

3. Глобальною проблемою океанології та гідроакустики нашого століття є створення і розвиток єдиної математичної теорії розрахунків та інтерпретації гідрофізичних полів в океані, цілком адекватної природним співвідношенням і потребам практики.

В зв'язку з цим задачами фундаментальних досліджень є:

- усунення фізико-математичних ідеалізацій в моделюванні середовищ Океану, яке повинно враховувати неоднорідність реальних середовищ, нелінійний характер гідрофізичних та гідродинамічних процесів, часові зміни властивостей і активність середовищ - їх спроможність породжувати взаємодіючі поля,

- фактично створення математичної гідрофізики, яка має відтворити структуру реального середовища по даним про гідрофізичні поля, до яких відносяться біологічне, гідротермічне поле, а також акустичні поля – поля пружних та непружних коливань природного та штучного походження,

- в рамках математичної гідрофізики створити єдину теорію інтерпретації даних усього комплексу натурних океанографічних досліджень, в тому числі гідроакустичних, гідрологічних, гідрометеорологічних. Така теорія повинна враховувати специфіку реального

середовища, а також неточність та нерівномірність наявних даних про гідрофізичні поля Світового океану. Її розробка забезпечить більш високий рівень фундаментальних і прикладних досліджень, що особливо актуально для рішення нових задач, що пов'язані з розвідкою сировинних ресурсів шельфу та забезпеченням екологічного моніторингу Океану.

## Література

1. Гуляниц Р.Ц., Корякин Ю.А., Комарицын А.А. и др. Комплексный мониторинг и особенности эксплуатации подводных трубопроводных систем углеводородов. //Труды седьмой международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики ГА-2004». – Спб. – 2004. – С.132-136
2. Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А. Перспективы применения подводных робототехнических систем в борьбе с подводным терроризмом и минной опасностью на морском шельфе. //Труды восьмой международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики ГА-2006». – Спб. – 2006. – С. 50-56
3. Корякин Ю.А., Смирнов С.А., Яковлев Г.В. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. - Спб: Наука, 2005. – 410 с.
4. Хагабанов С.М., Шейнман Е.Л. Интеграция информации и управление системами освещения подводной обстановки при мониторинге Мирового океана. //Труды седьмой международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики ГА-2004». – Спб. – 2004. С. 69-73