

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський Державний Екологічний Університет

О.О.Даниленко  
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
(конспект лекцій)

(ПРОЕКТ)

ББК 26.221

Д 17

УДК 551.468.2

Друкується за рішенням Методичної ради Одеського

Державного Екологічного Університету

(протокол № від )

Даниленко О.О. "Сучасні технології гідрографічних досліджень"

У конспекті лекцій розглядаються питання впровадження новітніх засобів вимірювань в практику гідрографічних досліджень з метою складання, видання і коректури за місцевістю морських навігаційних карт, керівництв і посібників для плавання, та оперативного оповіщення мореплавців про виявлені навігаційні небезпеки. Детально викладено способи виконання зйомки рельєфу дна, ґрунтової зйомки, рівневих спостережень, геодезичних та топографічних вимірювань а також методи обробки даних спостережень. Розглянуті сучасні технічні засоби виконання гідрографічної зйомки, викладено вимоги щодо точності вимірювань. Надається уявлення про застосування дистанційних методів вимірювань при проведенні гідрографічних досліджень.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
1. ОСНОВНІ СФЕРИ ДІЯЛЬНОСТІ, ПОВ'ЯЗАНІ З ГІДРОГРАФІЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ.....	7
1.1 Морський транспорт.....	7
1.2 Управління береговою зоною.....	7
1.3 Вивчення і експлуатація морських ресурсів.....	8
1.4 Захист навколишнього середовища й управління.....	9
1.5 Морська наука.....	9
1.6 Розмежування морських кордонів і морська оборона.....	9
1.7 Туризм і човнярство, як різновид відпочинку.....	9
1.8 Національна інфраструктура просторових даних.....	10
2. НОВА РОЛЬ ГІДРОГРАФІЇ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ – ВІД КАРТ ДО ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ.....	11
2.1 Використання гідрографічних даних поза межами картографії.....	11
2.2 Гідрографічні дані та інфраструктури просторових даних (ІПД).....	12
2.3 Великі масиви даних.....	12
2.4 Користувачі карт: фахівці та звичайні користувачі.....	12
2.5 Складнощі поширення даних.....	13
2.6 Море й суша – компоненти єдиної екосистеми.....	13
2.7 Питання стандартизації гідрографічних даних у широкому сенсі.....	14
3. МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ ГІДРОГРАФІЧНОЇ ЗЙОМКИ.....	15
3.1 Нові «категорії» зйомки.....	16
3.2 Стандарти точності позиціювання для промірів.....	17
3.3 Стандарти глибин відносно точності визначення.....	17
3.4 Стандарти щільності даних і визначення відмітних глибин.....	18
3.5 Інші особливості, що представляють інтерес.....	20
4. ГІДРОГРАФІЧНІ ПРОМІРИ.....	21
4.1 Специфікація промірів.....	21
4.2 Планування промірів.....	22
4.3 Збір даних.....	26
4.4 Обробка даних.....	27
4.5 Аналіз даних.....	28
5. ЯКІСТЬ ГІДРОГРАФІЧНИХ ДАНИХ.....	30
5.1 Якість даних для відображення.....	31
5.1.1 Схеми надійності карт.....	31
5.1.2 Зони довіри (ZOC).....	32
5.2 Оцінка якості зйомки.....	36

5.2.1 Показники якості зйомки.....	36
5.2.2 Критерії для аналізу показників якості зйомки.....	40
<b>6. ОСНОВНІ ВИМОГИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГІДРОГРАФІЧНОЇ СЛУЖБИ ЩОДО ПІДГОТОВКИ І ПРОВЕДЕННЯ ЗЙОМКИ РЕЛЬЄФУ ДНА.....</b>	<b>43</b>
6.1 Підготовка до зйомки рельєфу дна.....	43
6.2 Практичне забезпечення вимог щодо якості гідрографічної інформації на національному рівні.....	50
6.3 Заходи та процедури, що забезпечують точність визначення місцеположення та вимірювання глибин згідно з вимогами МГО.....	58
6.3.1 Фактори, що визначають точність визначення місцеположення при виконанні промірних робіт.....	59
6.3.2 Фактори, що впливають на точність визначення глибин .....	68
6.3.3 Процедури і тести, що визначають точність і якість гідрографічної інформації при виконанні промірних робіт ехолотними системами .....	70
<b>7 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ГІДРОГРАФІЧНИХ РОБІТ.....</b>	<b>75</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>84</b>

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АМ – аналітична мережа;  
АФА – аерофотознімальний апарат;  
БПЕ – багатопроменевий ехолот;  
ГБО – гідролокатор бокового огляду;  
ГІС – Географічна інформаційна система;  
ГЛОНАСС – глобальна навігаційна супутникова система;  
ДГМ – Державна геодезична мережа;  
ДУ – Державна установа;  
ЕНК - електронна навігаційна карта;  
ЕОМ – електронна обчислювальна машина;  
ЗД – за донесенням;  
ЗНО – засоби навігаційного обладнання;  
ІІД - інфраструктура просторових даних;  
ІК – істинний курс;  
ІС – існування сумнівне;  
КВП – командно - вимірювальний пункт;  
НВП – наземний вимірювальний пункт;  
НДСЗ – науково-дослідний супутник Землі;  
МГБ - Міжнародне гідрографічне бюро;  
МГО – Міжнародна гідрографічна організація;  
МНК – морська навігаційна карта;  
НГЗ – навігаційно- гідрографічне забезпечення;  
ОЦ – обчислювальний центр;  
ПАС – підсистема апаратури споживача;  
ПГС – правила гідрографічної служби;  
ПКА – підсистема космічних апаратів;  
ПКУ – підсистема контролю і управління;  
ПУ – пункт управління;  
ПС – положення сумнівне;  
РЛС – радіолокаційна станція;  
РНС – радіонавігаційна система;  
СКП – середня квадратична похибка;  
СНС – супутникова навігаційна система;  
СРНС – супутникова радіонавігаційна система;  
ЦМР - цифрова модель рельєфу;

## ВСТУП

Впровадження новітніх засобів вимірювань в практику гідрографічних досліджень поставили питання щодо підвищення вимог відносно якості гідрографічної інформації у широкому сенсі, оскільки сучасними користувачами гідрографічних даних є не тільки морський транспорт (надводний і підводний), але й інші галузі господарства, пов'язані з морською діяльністю.

Значне підвищення точності визначення місцеположення завдяки супутниковим методам, а також визначення глибин за допомогою прецизійних однопроменевих і багатопроменевих ехолотів у складі промірних гідрографічних комплексів спонукали до розробки і впровадження в практику гідрографічних досліджень нових стандартів гідрографічної зйомки, і відповідно нових вимог, щодо якості отримуваної інформації.

Для навігаційних цілей була запропонована концепція зон довіри (інакше ZOC) з метою створення засобу класифікації батиметричних даних. Зазначений засіб призначений для формування своєрідних стандартів якості для відображення інформації (картографічний матеріал) в залежності від категорії зйомки. Слід відзначити, що якість гідрографічної інформації визначається не тільки точністю визначення місцеположення і глибин, але й метаданими – тобто супутніми даними (метеорологічними, океанографічними, рівневими спостереженнями). Ці дані дозволяють не тільки підвищити точність безпосередньо гідрографічних даних, але й представляють значний інтерес для інших користувачів цієї інформації, і також вони є складовою національних інфраструктур просторових даних.

Міжнародні стандарти і національні стандарти щодо точності і щільності гідрографічних даних для відповідних категорій зйомки співпадають і задовольняють потреби навігації. Але все що стосується забезпечення якості гідрографічної інформації на рівні метаданих, тут у національній Гідрографічній служби України через відсутність відповідного обладнання, існують проблеми. В першу чергу це стосується океанографічного забезпечення гідрографічних вимірювань (зокрема, інформація щодо швидкості звуку та її просторову і часову мінливість), рівневих спостереження у прибережних районах, необхідних для точного визначення глибин і т. інше.

# 1. ОСНОВНІ СФЕРИ ДІЯЛЬНОСТІ, ПОВ'ЯЗАНІ З ГІДРОГРАФІЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

## 1.1 Морський транспорт

Понад 80 % міжнародних торгових операцій у світі проходять через море. Морська торгівля є основним елементом національної економіки. Багато районів і портів світу не мають належного покриття морськими картами. Для безпечного мореплавства у національних водах, уздовж узбережжя, а також для заходу до портів потребуються сучасні морські карти. Недостатня їх кількість стримує розвиток морської торгівлі у водах і портах відповідних держав.

Також необхідно відмітити, що згідно з Розділом V Конвенції з безпеки життя людини на морі (SOLAS), судна, які не мають на борту сучасних карт, необхідних для запланованого рейсу, вважаються непридатними для плавання.

Вирішення цих проблем було б неможливим без якісних морських карт, які виготовляють, постійно оновлюють і розповсюджують гідрографічні служби. Ці карти, створені за допомогою сучасних гідрографічних досліджень, потрібні для того, щоб зробити можливим на сьогоднішній день плавання більшої кількості суден у національних водах і відвідування ними таких портів, захід до яких раніше був небезпечним.

Сучасні карти також містять інформацію, необхідну для створення систем маршрутів, затверджених міжнародними конвенціями, та сприяння економічним інтересам приморських країн.

## 1.2 Управління береговою зоною

Поняття належного управління береговою зоною включає: будівництво нових портів і матеріально-технічне забезпечення існуючих; днопоглиблювальні роботи, призначені для збереження глибин, нанесених на морських картах, та створення, догляд і покращення каналів; контроль розмивання берегової лінії; відвойовування землі у моря; створення і нагляд за використанням звалищ ґрунту для промислових відходів; розробка родовищ корисних копалин; діяльність з окультурення водного середовища; транспортні проекти та проекти з суспільних робіт, включаючи розбудову інфраструктури прибережних районів.

Початкові дані, які є необхідними для проектів і містять у собі все зазначене вище, забезпечуються в результаті точних великомасштабних досліджень. Зважаючи на швидку зміну берегової лінії, ці дослідження мають проводитися так часто, як того потребує процес аналізу і моніторингу. Інформація про прибережну зону, зібрана гідрографічними службами, є суттєвим внеском до Географічних інформаційних систем (ГІС) прибережної зони, які використовуються для покращення комплексного управління і

прийняття рішень з урахуванням проблем використання приморського регіону. Коло користувачів гідрографічною інформацією не обмежується традиційною спільнотою мореплавців, а включає урядові установи, берегових управлінців, інженерів і вчених.

### 1.3 Вивчення і експлуатація морських ресурсів

Хоч великі бази даних, які створювались упродовж багатьох років гідрографічними службами, початково призначалися для забезпечення безпеки мореплавства, на сьогоднішній день, разом із різноманітною продукцією і послугами, становлять значну економічну цінність для управління і розробки природних морських ресурсів. Останніми роками став очевидним той факт, що недосконалі гідрографічні послуги не лише перешкоджають зростанню обсягів морської торгівлі, але й призводять до вартісного простою у видобуванні ресурсів.

Прибережні та морські осадкові райони можуть містити поклади мінералів, зокрема, вуглеводнів, виявлення яких потребує проведення компетентних досліджень. У разі підтвердження таких вуглеводнів прибережна держава починає розробку, яка передбачає: вивчення морфології морського дна; дотримання безпеки судноплавства під час транспортування цих небезпечних вантажів; безпеку морських платформ і відповідних передаючих систем, місць розміщення свердловин та прокладання трубопроводів. Батиметричні дані, дані рівневих спостережень, а також метеорологічні дані, надані гідрографічними службами, є основним елементом у розвитку вуглеводної промисловості.

Риболовецька промисловість. Рибалки відчувають потребу у морській інформації не лише для забезпечення безпечного плавання своїх суден, але також для безпечного розгортання снастей, що запобігає значним втратам. Крім цього, все ширше у риболовецькій промисловості використовуються виготовлені гідрографічними службами океанографічні карти.

Таким чином, детальні морські карти необхідні рибалкам для того, щоб:

- уникнути втрат снастей і риболовецьких суден, спричинених невиявленими або не несеними на карту перешкодами;
- визначати райони, сприятливі для рибальства;
- окреслити межі районів, у яких риболовецьку діяльність обмежено або заборонено.

Подібна інформація піддається частим змінам, і тому підлягає постійному оновленню. Отже, гідрографічні дослідження необхідні для отримання своєчасної та оновленої інформації і мають проводитись з періодичною послідовністю.

Розвиток сучасного рибальства орієнтований на контроль природного середовища. Батиметрія та інші океанографічні дані забезпечать важливий внесок у належний контроль і розвиток видів море господарської діяльності.



#### 1.4 Захист навколишнього середовища й управління

Суттєвим фактором захисту навколишнього середовища є безпечне і точне мореплавання. Економічні наслідки забруднень, спричинених аваріями і розлиттям нафти, набагато серйозніші, ніж це прийнято вважати. У деяких випадках збитки, отримані в результаті лише одного інциденту, складають близько 3 мільярдів американських доларів.

Цінність навігаційних послуг для захисту морського середовища визнана на міжнародному рівні. У зв'язку з цим слід згадати Розділ 17 Порядку денного Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (UNCED) 1992 року, де сказано, що: «..гідрографічне картографування є життєво важливим для безпеки мореплавання».

#### 1.5 Морська наука

Морська наука значною мірою ґрунтується на батиметричній інформації. Глобальні моделі припливів і циркуляції, місцеві та регіональні моделі, призначені для різноманітних наукових досліджень, морська геологія і геофізика, розташування й розміщення наукової апаратури і багато інших аспектів морської науки залежать від батиметричних даних, які надаються гідрографічними службами.

#### 1.6 Розмежування морських кордонів і морська оборона

Для належного розмежування морських кордонів першочергову роль відіграють якісні гідрографічні дані, про що детально сказано у Конвенції ООН з морського права (UNCLOS).

Основними користувачами морських карт є військово-морські сили. Вони повинні бути готові до дислокації у багатьох регіонах світу, і, зазвичай, зобов'язані мати великий комплект карт. Надзвичайний ризик, пов'язаний з наявністю на борту військового спорядження і ядерної зброї, робить фактор володіння найсучаснішою інформацією конче важливим для таких суден. Морські дані та інформація, що надаються національними гідрографічними службами, підтримують чимало видів продукції, яка використовується у військово-морських операціях. Надводні, підводні, протичовнові операції, операції з пошуку мін і повітряно-морські операції флоту потребують дуже різної морської інформації. Щоб оптимізувати державні капіталовкладення в оборону мають бути наявними гідрографічні й океанографічні дані, які є необхідними для підготовки подібної інформації.

#### 1.7 Туризм і човнярство, як різновид відпочинку

Особливо важливе значення мають надійні карти для розвитку такої економічно важливої галузі як є туризм, зокрема, відпочинок на круїзних

суднах. Це важливе джерело державного доходу неможливо використовувати на повну потужність, якщо безпечному мореплавству до віддалених туристичних країн стане на заваді або перешкоджатиме нестача належних морських карт. На сьогодні туризм – одна з галузей, що найстрімкіше розвиватимуться у XXI сторіччі.

Човнярство є одним з різновидів туризму й активного відпочинку. До загалу човнярів належить значний відсоток мореплавців. Як правило, наявність карт не є для них необхідною умовою, тому часто вони не оновлюють свої карти. Проте, поява цифрових карт робить можливим для човнярів отримання доступної оновленої корисної інформації, наприклад такої, що стосується розташування причалів для яхт тощо. Схоже на те, що збільшення кількості людей, які зможуть дозволити собі придбати човен, спричинить таку ситуацію, що саме човнярі становитимуть більшу частину користувачів гідрографічними даними, тому прибуток від цього сектору стає все більш значущим для багатьох країн. Отже, кількісний підрахунок економічної та комерційної вигоди, яка є результатом гідрографічної програми, являє собою надзвичайно складне завдання, проте дослідження ряду держав-членів МГО свідчать, що в основних морських державах співвідношення видатків і прибутків становить близько 1 : 10. Також доведено постійне зростання обсягів морської торгівлі. У майбутньому експлуатація і безперервний розвиток державних морських зон стане головною турботою урядів і промисловості. Висловлюючись мовою економістів, слід зазначити, що національна гідрографічна програма вважається «громадським благом». Треба також сказати, що необхідні послуги, існування яких вимагають громадські інтереси, не можуть бути забезпечені лише силами ринку. У кожній державі-члені МГО надання гідрографічних послуг є суттєвим компонентом розвитку економіки, і належить до компетенції центрального уряду.

### 1.8 Національна інфраструктура просторових даних

В епоху розвинення інформації уряди усвідомлюють, що суттєвою складовою розвитку економіки і торгівлі та захисту навколишнього середовища є якісні і належним чином упорядковані просторові дані. З цієї причини багато країн впроваджують національні інфраструктури просторових даних, об'єднуючі послуги і дані, що надходять з таких основних національних джерел як топографія, геодезія, геофізика, метеорологія і батиметрія. Важливою складовою національної інфраструктури просторових даних є Гідрографічна служба [1].

Використання сучасних інформаційних технологій розширюють сфери застосування гідрографічної інформації але й ставлять більш високі вимоги до її точності і якості у зв'язку з розвитком нових промислових і наукових технологій.

Нові підходи й перспективи використання гідрографічної інформації в сучасних умовах представлено у наступному розділі.

## 2. НОВА РОЛЬ ГІДРОГРАФІЇ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ – ВІД КАРТ ДО ГЕОПРОСТОРВИХ ДАНИХ

Раніше гідрографічні дані переважно використовувалися для створення навігаційних карт, але з огляду на те, що гідрографічна зйомка коштує досить дорого, отримані дані варто використовувати не лише у навігації. Для цього створені централізовані бази гідрографічних даних, які слугуватимуть і для інших цілей. Зокрема, вони можуть бути базою для розробки системи управління даними для судноплавства в рамках Інфраструктури морських просторових даних з метою їх широкого використання. А далекоглядні організації, розширюючи свою звичну спеціалізацію, поспішають потрапити на борт лайнера під назвою «Великі дані», налагодивши для цього зв'язок зі світом за допомогою Інтернет-сервісів.

Коли ми чуємо слово «гідрографія», то на думку одразу ж спадають морські навігаційні карти, оскільки своєю появою вони завдячують безпеці судноплавства. Сьогодні завдяки новим технологіям гідрографи мають змогу отримати значно більше інформації, вивчаючи зібрані дані. А віднедавна навіть «шум» (зворотне розсіювання від морської поверхні) є джерелом корисних відомостей, як і характеристики щодо швидкості звуку, температур та припливів, що раніше використовувалися лише для коригування вимірювання глибин.

За допомогою новітніх технологій та потужних алгоритмів гідрографи мають можливість швидше опрацьовувати більші масиви даних та отримувати точніші результати, ідентифікувати та інтерпретувати джерела, магнітуду та варіювання акустичного зворотного розсіювання, а також моделювати з метою отримання корисної інформації – від даних про характер донних відкладень до товщі води.

### 2.1 Використання гідрографічних даних поза межами картографії

Гідрографічні дані можна зібрати один раз, проте використовувати їх багаторазово. Розвиток технологій у сфері обробки гідрографічних даних дозволяє краще зрозуміти навколишнє середовище, що, у свою чергу, розкриває нові можливості й безпосередньо підтримує так звану «синю економіку». Це - ключовий момент, який часто не беруть до уваги відповідальні особи, оскільки мало хто знає й розуміє сутність гідрографії, яка століттями використовувалася лишень для одного – складання карт. Разом з тим ці карти, життєво важливі для мореплавців, приковували до себе увагу широкого загалу лише коли траплялося лихо. Однак, якщо використовувати гідрографічні дані у ширшому контексті, приміром, в океанографії, екологічному контролі, морській енергетиці та інших морських галузях, вони набувають ваги у геопросторовому аналізі, тобто у ГІС. Усі дані, зібрані під час географічних промірювань: заміри швидкості звуку у воді, підрахунки доплеровських вимірювань швидкості течії, класифікація

донних відкладень, припливи, течії та характер берегової лінії, надзвичайно цінні не лише для «поправки визначення глибин» чи складання карт. За умови використання у ГІС, принцип «зібрати раз – використовувати багато разів» стає цілком реальним.

Гідрографічні дані є вкрай важливими для будь-якої діяльності як на морі, так і в прибережній зоні. Вони є основою не лише для складання навігаційних карт, а й для будь-якого морського проекту взагалі, джерелом первинних даних для морських геоінформаційних систем, роблять вагомий внесок у розвиток морської та берегової економічної діяльності, а геоінформаційні системи надають змогу отримати потрібні величини.

## 2.2 Гідрографічні дані та інфраструктури просторових даних (ІПД)

Інфраструктура просторових даних організовує та впорядковує географічні дані та метадані, засоби їх обробки, а також порядок їх використання відповідно до правил і стандартів. Морська ІПД не існує окремо від інших подібних інфраструктур, а взаємопов'язана з даними берегових зон та океанів. Гідрографічні відомості слугують основою для морських ІПД.

В усіх ІПД єдина мета отримання та обмін даними; «хмарні» обчислення великих масивів даних є загальною основою інфраструктур.

## 2.3 Великі масиви даних

Опрацювання великих масивів даних має свої труднощі через їх гігантську кількість, динаміку змін та різноманітність. Поява та розвиток соціальних мереж і мультимедіа зумовлюють подальше експоненціальне зростання масиву даних у майбутньому. Що стосується гідрографії, то використання багатопроменевого лазерного локатора та супутникових систем для збору батиметричних даних у поєднанні з новітнім та більш потужним програмним забезпеченням для польового збору даних і їх подальшої обробки якраз зумовлює необхідність подолання вищезгаданих складнощів у роботі з надвеликими масивами даних. Наприклад, спроби аналізу зібраної інформації загрожують зниженням продуктивності. Разом з тим, використання великих масивів даних на повну потужність є набагато вигіднішим з огляду на зменшення витрат та можливість ширшого використання диверсифікованої інформації. Окремо слід згадати про прозорість та доступність інформації для набагато ширшого загалу користувачів, ніж це було раніше, а також можливість інтеграції гідрографічних даних з іншими масивами подібної інформації.

## 2.4 Користувачі карт: фахівці та звичайні користувачі

Усіх, хто так чи інакше користується картами, можна умовно поділити на дві великі групи. З одного боку це так звані «звичайні користувачі»

геопросторових даних, що розгортають карту з якоюсь конкретною метою або, можливо, з цікавості. Сюди належать менеджери та управлінці різних організацій, які не є фахівцями з ГІС. Інша категорія – спеціалісти зі збору та аналізу геопросторових даних, які створюють інформаційні продукти та сервіси, складають карти, включаючи і морські. Це професіонали у сфері ГІС, метою роботи яких є постійне вивчення попиту та потреб користувачів картографічної продукції. Обидві групи на різних рівнях працюють з великими масивами даних у сфері «хмарних обчислень».

## 2.5 Складнощі поширення даних

Яким же чином більш раціонально та ефективно використовувати гідрографічні дані поза межами складання карт? Перш за все, потрібно логічно впорядкувати наявні гідрографічні дані, тобто створити базу даних чи навіть декілька та забезпечити користувачам доступ до них з метою використання інформації для створення свого продукту (наприклад, морських карт), аналізу даних, планування та прийняття рішень. Саме це пояснює ключову роль національних гідрографічних служб та всіх тих, хто надає гідрографічні дані, в контексті створення ПД, зокрема для мореплавства, а також для потреб інших морських організацій. ПД забезпечує впорядкування, управління просторовими даними та їх обмін між організаціями та установами і в кінцевому рахунку забезпечує усіх користувачів достовірними відомостями та інформаційними продуктами, потрібними у повсякденному житті. Однак, саме розповсюдження даних становить труднощі. Технологія ArcGIS Server, що являє собою сервіс для отримання гідрографічних даних, забезпечує цілковитий контроль та централізоване вирішення питань – як і куди надавати дані, розгортати їх за наявності засобів корпоративної інформаційної безпеки чи приватних структур у межах загальної кібернетичної «хмари». Це означає, що за допомогою сервісу ArcGIS Online можна отримати доступ до карт й іншої інформації будь-якого типу в будь-який час і в будь-якій точці світу, використовуючи мобільний пристрій – смартфон чи планшет – з відповідним безкоштовним програмним забезпеченням. На сьогодні це найбільш передові технології, що максимально ефективно забезпечують не лише отримання відомостей, але й вкрай важливий зворотний зв'язок з користувачами даних.

## 2.6 Море й суша – компоненти єдиної екосистеми

Водна поверхня неможлива сама по собі, без взаємодії з сушею. Густо населені берегова лінія та прибережні (літоральні) зони з вкрай інтенсивною економічною діяльністю поєднують ці два середовища. То ж, чи існують підстави, щоб відмежовувати моря й океани від земної тверді? На прилеглих до берегової лінії територіях також можлива нульова глибина – це потрібно враховувати при виконанні гідрографічного промірювання. Течії та припливи важливі не лише для забезпечення навігації, вони також впливають на

прибережні зони. Цифрова модель рельєфу (ЦМР) не обмежується нульовою точкою відліку, морське дно становить її складову. Отже, ухил і геоморфологічна структура у сукупності з іншими параметрами визначають стан та подальші перспективи розвитку екосистеми. Тож гідрографічні дані вкрай важливі для її оцінки.

## 2.7 Питання стандартизації гідрографічних даних у широкому сенсі

Однією з важливих відмінностей гідрографії від інших морських наук є наявність одночасно кількох стандартів, що слугують основою для збору, аналізу й опрацювання даних. Нова універсальна модель гідрографічних даних S-100 (S-100 Universal Hydrographic Data Model), впроваджена Міжнародною гідрографічною організацією на основі стандартів ISO 19000 та TC211 у частині міжнародних геостандартів, дає гідрографам можливість працювати з ГІС не лише з метою виробництва карт, а й для створення принципів мови географічної розмітки (GML). Крім традиційної безпеки судноплавства, це потрібно для використання гідрографічних даних в інших галузях: від розробки електронних навігаційних карт (ЕНК) нового покоління S-101 до батиметричної сітки нового стандарту S-102, карт льодового покриву та іншої продукції, що базується на S-100 і де потрібне використання географічної розмітки. У деяких інших галузях, наприклад, видобуток нафти й газу, вже розроблено власну модель рельєфу морського дна на основі бази геоданих компанії «Esri». На майбутнє заплановано її стандартизацію за географічною розміткою S-100. Усі ці кроки спрямовані на використання гідрографічних даних не лише для створення карт, а й для геопросторових даних узагалі [2].

Як вже вказувалося вище, гідрографічні дані слугують основою для морських ІПД, тому постає нагальна задача стандартизації гідрографічних досліджень, уніфікації методів обробки і забезпечення точності та якості гідрографічної інформації. В наступному розділі розглядаються сучасні міжнародні стандарти гідрографічної зйомки, що забезпечують єдиний підхід щодо організації та проведення гідрографічних досліджень в державах-членах МГ О.

### 3. МІЖНАРОДНІ СТАНДАРТИ ГІДРОГРАФІЧНОЇ ЗЙОМКИ

Міжнародна Гідрографічна Організація (МГО) веде своє походження з організації Міжнародного Гідрографічного Бюро (МГБ) у 1921 р., яке було створене для розгляду введення стандартів у методах і процедурах збору гідрографічної інформації і створення навігаційних карт. У вересні 1970 р. держави – члени організації формально прийняли назву МГО і звузили значення МГБ, як такого, що відноситься тільки до підрозділів у Монако. Заявлені задачі МГО включають, серед іншого, координацію діяльності національних гідрографічних служб і прийняття надійних і ефективних методів виконання гідрографічних зйомок. Для виконання цих задач періодично створюються декілька комітетів і робочих груп, які встановлюють стандарти і специфікації, проводять координацію діяльності національних гідрографічних служб у цьому напрямку для прийняття надійних і ефективних методів виконання гідрографічних зйомок і котрі потім виносяться, серед іншого, на ратифікацію державам – членам МГО.

«Стандарти Гідрографічної Зйомки МГО» викладені у спеціальному виданні SP44, яке ще називають S-44. Перше видання цих стандартів було опубліковане у 1968 р. з наступними виданнями у 1982 і 1987 рр. Слід відзначити, що Стандарти МГО добровільні і є рекомендаціями державам – членам організації і іншим користувачам при виконанні гідрографічних зйомок. Перші три видання Стандартів були у цілому аналогічні у тому, що вони пристосовані до зйомок, які виконуються з ціллю складання навігаційних карт, що використовуються головним чином у морській навігації. Масштаби зйомок були вказані, виходячи з вимог безпеки мореплавства, стандартна точність виміру глибин і позиціонування, відповідно, засновані на масштабах зйомки.

У 1993 р. була створена робоча група з експертів із 13 країн – членів організації, для перегляду існуючих Стандартів і для розробки рекомендацій щодо змін в S-44, маючи на увазі нові можливості технологій супутникового позиціонування, широкосмугових сонарів і зростаючу комп'ютеризацію суден. У січні 1998 р. були схвалені пропозиції до 4-го Видання Стандартів, а у квітні 1998 р. це видання було вже опубліковане. Через переваги точного позиціонування за супутниковими системами (GPS і GLONASS) а також можливості точніше картографувати цифрові просторові дані, S-44 були змінені щодо застосування стандартів точності позиціонування. Багатопроменеві ехолоти (БПЕЛ) для промірів на малій воді і сонари, які дозволяють отримувати велику кількість даних, призвели до змін Стандартів відносно адекватного покриття дна у плані завдання відстаней між профілями у залежності від масштабу зйомки.

**З розвитком Геоінформаційних систем (ГІС), дані гідрографічних промірів використовуються у все більших масштабах. Це не тільки призводить до зростання потреби у гідрографічних даних у цифровому**

**виді, але зростають і вимоги щодо якості цих даних, методів і процедур збору та їх обробки.**

Задля розуміння смислу 95 % забезпеченості похибки позиціонування і глибини, заданої у нових Стандартах, необхідний короткий огляд похибок вимірювань. Помилка (Похибка) – різниця між виміряною величиною і правильним (істинним) значенням параметра. Вона може бути поділена на грубу, систематичну і випадкову. **Грубі** помилки взагалі великі за величиною і викликані неухважністю або вадами рівня підготовки спостерігача. **Систематичні** похибки – ті, котрі підпорядковуються деяким фізичним закономірностям, їх можна передбачити. **Випадкові** похибки головним чином маленькі і є результатом обмежень використаного приладу і процесу вимірювання. Вони можуть бути негативними або позитивними за знаком і підпорядковуються закону ймовірності. Грубі помилки повинні видалятися шляхом виконання адекватних процедур «контролю», вважається, що їх не повинно бути у якісних даних проміру. Систематичні похибки вимірюються або моделюються шляхом калібрування і повинні видалятися із даних до оцінки останніх у відповідності зі Стандартами. Випадкові похибки – результат неможливості ідеального вимірювання будь-якого параметра або ідеального моделювання будь-якої систематичної похибки.

На практиці прийнято, що випадкові похибки гідрографічних вимірювань підпорядковуються нормальному закону розподілення (або розподілення Гаусса). Якщо нанести на графік безкінечно велику кількість нормально-розподілених випадкових похибок, результуюча «функція густини імовірності» буде мати вид дзвону. Відстані (+/-) від середнього, що обмежують 68 % площини під кривою – стандартне відхилення і позначається як ( $\sigma$ ). Площина під кривою між +/-  $2\sigma$  від середнього – 95.4 % загальної площини. При найбільш жорстких умовах, **використання стандартного відхилення або відсотку імовірності при описі якості даних означає точність або повторюваність вимірювання. Близькість середнього значення серії вимірювань до істинного значення визначає точність.**

### 3.1 Нові «категорії» зйомки

Робоча група з S-44 запропонувала класифікаційну схему для гідрографічних зйомок, засновану на важливості району у плані безпеки навігації. Різниця у точності для зйомок різного порядку відбиває різну значимість і ефективно замінює стандарти точності позиціонування і щільності даних у залежності від масштабу зйомки, що використовувалися у попередніх виданнях стандартів.

Гідрографічні зйомки спеціального призначення (**Special Order surveys**) покривають райони, де судна можуть плавати з мінімальною глибиною під кілем і там, де характеристики дна потенційно небезпечні для суден, наприклад, глиби або скельні виступи. Зйомка такої категорії потребує



більш високої точності, чим вказані у попередніх виданнях, і через це, навіть знаходиться у протиріччі з останніми. Зйомки спецпризначення виконуються тільки в районах, спеціально визначених агентством, відповідальним за якість промірів. Обов'язковим при цьому є близьке розташування галсів при сонарній, багатопроменевій зйомці для отримання «100 % вивчення дна». Це визначення було прийняте після численних дебатів.

Зйомки I категорії (**1 Order surveys**) виконуються у затоках, гаванях, головних каналах, включаючи підхідні, там де осадка судна має великий запас або дно не таке небезпечне (наприклад, пісок), чим вказані для зйомок спецпризначення. Стандарти для таких зйомок аналогічні попереднім виданням S-44.

Зйомки 2 категорії (**2 Order surveys**) – для районів з глибинами менше 200-т метрів, не покритих зйомками спецпризначення і 1-ої категорії.

Зйомки 3 категорії (**3 Order surveys**) – для районів з глибиною більше 200-т метрів.

### 3.2 Стандарти точності позиціювання для промірів

Третє видання Стандартів МГО S-44 визначає, що проміри повинні бути визначені, у відповідності з береговим контролем, так, щоб була 95 % імовірність того, що істинне місцезнаходження точок проміру знаходиться у колі радіусом 1.5 мм у масштабі зйомки відносно визначеного місцеположення. Таким чином, для зйомки масштабу 1:100000 проміри повинні знаходитися у межах 15 м від їх істинного місцеположення з 95% імовірністю. На додаток до усіх інструментальних похибок, пов'язаних з системами позиціонування, слід мати на увазі випадкові похибки, пов'язані з печаттю глибин (вручну або на плоттері). Таким чином, допустима похибка для позиціонування у США є 1 мм у масштабі зйомки.

Нове 4-е видання Стандартів задає різну горизонтальну точність, у метрах на довірчому рівні 95 % для чотирьох категорій зйомок. Нове у стандарті позиціонування – включення фактора, що залежить від глибини, який ураховує додаткову похибку позиціонування промірів в системах багатопроменевої зйомки і сонарної зйомки, і яка зростає із зростанням глибини:

- 2 м – для зйомок спецпризначення;
- 5 м + 5 % від глибини для зйомок 1 категорії;
- 20 м + 5 % від глибини для зйомок 2 категорії;
- 150 м + 5 % від глибини для зйомок 3 категорії.

### 3.3 Стандарти глибин відносно точності визначення

Загальна похибка вимірювання глибини, у відповідності з 3-м виданням Стандартів, не повинна перевищувати, з довірчим інтервалом 90 %, 0.3 м для глибин до 30 м або 1 % від глибини – при глибинах більше 30 м. Вона не включала помилки, пов'язані з вимірюванням рівня води,

визначенням «0» а також перенесенням рівня від рівневого поста до місця проміру. Комбінація цих похибок, вважалось, не перевищує точності вимірювання глибини.

Робоча група вирішила прийняти три значні зміни у відношенні до точності даних на додаток до розробки 4-х категорій зйомок:

а) довірчий інтервал прийняти рівним 95 %;

б) стандартна точність вимірювання глибин повинна урахувувати існування фіксованої помилки, поряд з похибками, що змінюються з глибиною, і ці постійні величини припустимої похибки повинні залежати від категорії зйомки;

в) похибки вимірювання рівня, приведення до рівня води і переносу визначеного рівня до місця проміру також повинні ураховуватися.

У рівнянні меж похибок вимірювання глибини слід підставляти наступні величини **a** і **b**:

$$\pm (a^2 + (b \times d)^2)^{1/2} \quad (3.1)$$

- спецпризначення:  $a = 0.25$  м,  $b = 0.0075$ ;

- 1 категорії:  $a = 0.5$  м,  $b = 0.013$ ;

- 2 категорії:  $a = 1.0$  м,  $b = 0.023$ ;

- 3 категорії:  $a = 1.0$  м,  $b = 0.023$ .

У рівнянні (3.1):  $a$  – помилка, що не змінюється з глибиною, тобто сума усіх постійних похибок;

$b$  – фактор помилки, який залежить від глибини;

$d$  – глибина;

$b \times d$  – помилка, що змінюється з глибиною, тобто сума усіх помилок, що залежать від глибини.

На рис.3.1 представлено порівняння меж похибки вимірювання глибин для різних категорій з аналогічною похибкою, що вказана у 3-му виданні.

Остання була отримана шляхом обчислення кореня квадратного з суми припустимої похибки вимірювання глибини через визначення рівня (0.3 м – для глибин від 0 до 30 м, 1 % від глибини – для глибин більше 30 м) і при перетворенні результатів від довірчого інтервалу 90 % до 95 %. Порівнюючи криву для 1 категорії з 3-м виданням, очевидна їх відповідність для діапазону глибин від 0 до 10 м, більше значення для 1 категорії у діапазоні від 10 до 45 м і деяке зменшення для глибин більше 45 м. Оскільки більшість зйомок 1 категорії виконуються на глибинах до 45 м, то все нормально.

### 3.4 Стандарти щільності даних і визначення відмітних глибин

У попередніх виданнях Стандартів надані рекомендації щодо просторового розподілення галсів у залежності від масштабу зйомки. Вважалось, що такі стандарти відносно «щільності даних» забезпечать

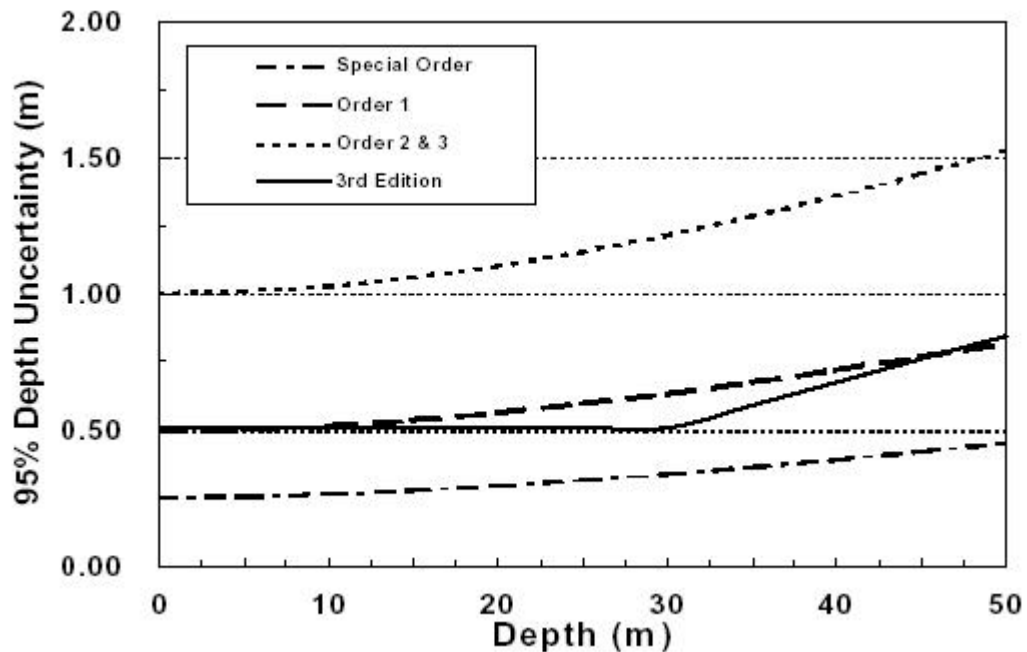


Рис. 3.1 Порівняння стандартів вимірювання глибин

надійне визначення будь-яких навігаційних небезпек. У 3-му виданні стверджується, що галси не повинні проходити частіше, ніж через 1 см у масштабі зйомки, а інтервал між точками не повинен перевищувати 4-6 мм окрім районів плоского або гладкого дна. Було вирішено, що повинен існувати більш «науковий» підхід при використанні можливостей комп'ютерної техніки і/або сонарних і багатопробних систем.

Робоча група з самого початку розглянула використання геостатистик для визначення найкращої оцінки глибини дна, названої батиметричною моделлю а також похибку цієї змодельованої поверхні, використовуючи нерівність дна і мінімальну відстань між точками проміру. Рішення про якість даних проміру повинно базуватися на порівнянні результуючої похибки моделі із значеннями, обчисленими через рівняння (3.1).

Табл.3.1 Категорія зйомки

Категорія зйомки	<b>a, м</b>	<b>B</b>
Спецпризначення	0,25	0,0075
1 категорії	0,5	0,013
2 категорії	1	0,023
3 категорії	1	0,023

Для визначення районів з високою імовірністю виявлення відмілин, пов'язаних з геологічними процесами, слід використовувати модель похибок. Вочевидь, вона не зможе відобразити штучні об'єкти. Через це, а також із-за неповної інформації у глобальному плані і завдяки використанню геостатистик, дана модель не може бути використана у якості основного міжнародного стандарту. Однак, вона була оставлена як опція у останньому розділі нових Стандартів.

В результаті були прийняті: концепція найбільшої відстані між галсами, здатність виявлення сонавної системи і поняття 100 % покриття дна. У той час як у 3-му виданні Стандартів відстані між галсами залежали від масштабу зйомки, у новому виданні це залежить від середньої глибини (1-а категорія – 3 середніх глибини або 25 м, що більше; 2-а категорія – 3-4 глибини або 200м; 3-я категорія – 4 глибини). У відношенні зйомок спецпризначення, для них слід виконувати зйомку із 100 % покриттям, тобто проведення повного обстеження дна ділянки. Можливо декілька збільшити відстань між галсами, якщо прийняті відповідні процедури для адекватного виявлення навігаційних небезпек. Сонавні системи, які використовуються для зйомок спеціального призначення, повинні забезпечувати виявлення перешкод розмірами більше 1 метра, а для зйомок 1-ої і 2-ої категорій – більше 2-х метрів при глибинах до 40 м і 10 % від глибини при глибинах більше 40 м.

### 3.5 Інші особливості, що представляють інтерес

У відповідності з новими Стандартами, первинні берегові контрольні точки повинні розташовуватися з відносною точністю 1:100000, якщо використовувалися методи наземної геодезії, а при використанні супутникового позиціонування похибка місце визначення не повинна перевищувати 10 см з довірчим інтервалом 95 %. Стандарти до визначення місця установки засобів навігаційного огороження (ЗНО) і інших важливих об'єктів також змінилися у відповідності з категоріями гідрографічних зйомок. Постійні ЗНО повинні виставлятися з точністю 2 м для зйомок категорій спецпризначення і 1-ої, і 5 м – для зйомок 2-ої і 3-ої категорій, а для плавучих ЗНО – відповідно 10 і 20 м. Визначення інших топографічних об'єктів, у тому числі і берегова лінія, повинні визначатися з точністю 10 м (зйомка спецпризначення), і 20 м - для 1, 2 і 3-ої категорій.

Прийняті нові стандарти у відношенні поправки за рівень води. Загальна похибка визначення не повинна перевищувати  $\pm 5$  см з довірчим інтервалом 95 % для зйомок спецпризначення, і  $\pm 10$  см – для інших зйомок. Ці похибки, плюс похибка приведення рівня до району проміру (див. вище) повинні складатися з іншими похибками вимірювання глибин для визначення сумарної похибки вимірювання глибин.

Усі гідрографічні зйомки повинні бути представлені у цифровому форматі у зв'язку із зростанням кількості користувачів. У результати проміру слід включати не тільки назву судна, району, дату і використане обладнання, але і способи тарування, визначення швидкості звуку і поправки за рівень. До того ж слід включати туди оцінку точності даних і довірчий інтервал [3].

У наступному розділі більш детально викладено організацію і проведення гідрографічного проміру з урахуванням вимог сучасного Стандарту.

## 4. ГІДРОГРАФІЧНІ ПРОМІРИ

Вимоги до гідрографічних промірів виникають на підґрунті стратегічних рішень, звітів або запитів користувачів продукції, потреб національної оборони та інших вимог. Виникнення конкретного проекту щодо гідрографічного проміру супроводжується оцінюванням усіх відомих вимог і визначенням пріоритетів. До багатьох об'єктивних і суб'єктивних факторів, що впливають на визначення пріоритетів, належать національні та відомчі інтереси, кількісні та якісні критерії судноплавства і човнярства, достатність існуючих промірів, а також ступінь зміни рельєфу морського дна у районі [4].

Для систематичного узгодження різних вимог щодо точності у районах, які мають досліджуватись, нові Стандарти визначають чотири вищевказаних класи промірів. Розглянемо їх детальніше.

### 4.1 Специфікація промірів

**Спеціальний клас.** Гідрографічні проміри спеціального класу наближені до технічних стандартів. Їх застосування має обмежуватись конкретними критичними районами з мінімальною глибиною під кілем, а також тими районами, у яких характеристики дна є потенційно небезпечними для суден. Такі райони повинні чітко окреслюватися установами, які несуть відповідальність за якість досліджень. Прикладом у даному випадку можуть слугувати порти, причальні стоянки, а також поєднані з ними критичні канали. Всі джерела помилок мають бути зведені до мінімуму. Проміри спеціального класу потребують використання близько розташованих ліній разом з ГБО, множинною антенною системою випромінювачів або БПЕ з високою роздільною здатністю для забезпечення 100 % дослідження дна. Обладнання для проведення промірів має розрізняти об'ємні об'єкти розміром понад 1 м. У районах можливого зіткнення з тонкими небезпечними перешкодами може виникнути потреба в одночасному використанні ГБО і БПЕ.

**Перший клас.** Гідрографічні проміри 1 класу призначено для портів, підхідних каналів до портів, рекомендованих шляхів, внутрішніх судноплавних каналів, прибережних районів з високою комерційною щільністю руху, у яких глибина під кілем є менш критичною, а геофізичні властивості води менш ризиковані для суден (наприклад, м'який мул або піщане дно). Проміри 1 класу слід обмежити районами з глибинами, що не перевищують 100 м. Не зважаючи на те, що вимоги щодо дослідження морського дна є менш суворими, ніж подібні вимоги стосовно досліджень спеціального класу, повне дослідження дна необхідне у тих визначених районах, де характеристика дна і ризик зіткнення з перешкодами можуть становити небезпеку для суден. Під час проведення проміру у цих районах промірне обладнання має розрізняти об'ємні об'єкти, що перевищують 2 м на

глибині до 40 м, або об'єкти, розмір яких становить більше як 10 % від глибини, у районах з глибинами понад 40 м.

**Другий клас.** Гідрографічні проміри 2 класу призначено для районів з глибинами, які не перевищують 200 м, не покриті промірами спеціального і першого класів, та тих, для яких достатньо загального опису батиметричних даних, щоб гарантувати відсутність на морському дні перешкод, небезпечних для суден того типу, які, як очікується, перетинатимуть цей район або працюватимуть у ньому. Цей критерій застосовується для багатьох напрямків морської діяльності у тих випадках, коли проведення гідрографічних промірів вищих рівнів не виправдано. Повне дослідження дна може бути необхідним у тих конкретних районах, де характеристика дна і ризик зіткнення з перешкодами можуть становити небезпеку для суден.

**Третій клас.** Гідрографічні проміри 3 класу призначено для районів, які не покриваються промірами спеціального, 1 і 2 класів, а їх глибина перевищує 200 м.

**Примітки.** 1. Стосовно промірів спеціального і 1 класів, то установа, відповідальна за якість досліджень, може визначити граничну глибину, за межами якої детальне дослідження морського дна щодо безпеки мореплавства проводити не потрібно. 2. Гідролокатори бічного огляду (ГБО) слід використовувати не з метою визначення глибин, а для визначення районів, що потребують більш детального і точного дослідження.

У таблиці 4.1 підсумовано загальні вимоги, які, фактично, є квінтесенцією нового стандарту.

## 4.2 Планування промірів

Планування промірів охоплює широке коло діяльності – від виникнення такого наміру у межах Гідрографічної служби і подальшого видання інструкцій щодо проекту до детального планування і спорядження гідрографічного судна для виконання практичних задач. Таке планування передбачає міжвідомчий зв'язок на урядовому рівні, дипломатичне співробітництво та розподілення значних ресурсів, визначення пріоритетів щодо фінансування та щоденну експлуатацію гідрографічного судна, задіяного для виконання гідрографічних завдань. Планування промірів тягне за собою поєднання всіх цих видів діяльності у єдину структуру, спрямовану на досягнення поставленої мети.

Промір розпочинається задовго до фактичного початку збору даних. Нижче наведено деякі елементи, стосовно яких необхідно прийняти рішення:

- точний район проміру;
- тип проміру (рекогносцирувальний або стандартний) і масштаб у відповідності до стандартів морської карти, яка має бути вироблена;
- межі проміру (короткотривалий або довготривалий);
- наявні засоби (судна, катери, літаки, орендовані судна, угоди про співробітництво);

- необхідні допоміжні роботи (аерофотозйомка або супутникова зйомка, геодезична зйомка, інформація щодо припливів);
- обмежуючі фактори (бюджетні, політичні або експлуатаційні обмеження, обмеження систем позиціонування, матеріально-технічне забезпечення).

Таблиця 4.1 Зведення мінімальних стандартів для гідрографічних промірів

Клас	спеціальний	1	2	3
Приклади типових Районів	Порти, причальні стоянки та поєднані з ними критичні канали з мінімальною глибиною під кілем	Порти, підхідні канали до портів, рекомендовані шляхи і деякі прибережні райони з глибинами до 100 м	Райони, не описані у спеціальному і 1 класах, або райони з глибинами до 200 м	Морські райони, не описані у спеціальному, 1 і 2 класах
Точність планових координат (рівень достовірності 95 %)	2 м	5 м + 5 % глибини	20 м + 5 % глибини	150 м + 5 % глибини
Точність глибини для приведених глибин (рівень достовірності 95 %) <sup>(1)</sup>	a = 0.25 м b = 0.0075	a = 0.5 м b = 0.013	a = 1.0 м b = 0.023	Подібно до 2 класу
Стовідсоткове дослідження dna	Обов'язково <sup>(2)</sup>	Необхідне у визначених районах <sup>(2)</sup>	Може знадобитися у визначених районах	Не застосовується
Здатність системи до виявлення	Об'ємні об'єкти понад 1 м	Об'ємні об'єкти понад 2 м на глибині до 40 м; об'єкти, розмір яких перевищує 10 % глибини понад 40 м <sup>(3)</sup>	Подібно до 1 класу	Не застосовується
Максимальна відстань між лініями (галсами) <sup>(4)</sup>	Не застосовується, оскільки обов'язковим є 100 % дослідження	Трикратна середня глибина або 25 м, залежно від того, що більше	Три – або чотирикратна середня глибина або 200 м, залежно від того, що більше	Чотирикратна глибина

(1) Для обчислення граничної похибки щодо точності вимірювання глибини, значення «a» і «b», подані у таблиці 1, слід підставити у формулу:

$$\pm\sqrt{a^2 + (b \times d)^2},$$

де: a – систематична похибка глибини, наприклад, сума всіх систематичних похибок;

b × d – похибка, залежна від глибини, наприклад, сума всіх похибок, залежних від глибини;

b – множник похибки, залежної від глибини; d – глибина.

(2) У цілях безпеки мореплавства застосування точно підбраного механічного трала з метою забезпечення мінімальної безпечної глибини у всьому районі може вважатися достатнім для промірів спеціального і 1 класу.

(3) Значення 40 м обрано з огляду на максимальну очікувану осадку суден.

(4) При використанні процедур із забезпечення достатньої щільності проміру відстань між лініями може бути збільшена.

Після вирішення зазначених питань здійснюється перегляд усієї наявної інформації. А це – аерофотознімки, отримані за допомогою супутників дані, топографічні карти, існуючі морські карти, геодезична інформація, інформація щодо припливів, а також будь-яка інша інформація та дані, що можуть впливати на проведення промірів. Як правило, подібне стратегічне планування промірів здійснюється гідрографічною службою у співробітництві з іншими організаціями, в результаті чого керівник гідрографічної служби складає і видає інструкції щодо проекту (Гідрографічні інструкції). Залежно від типу промірів, які заплановано виконати, інформація надана в інструкціях щодо проекту, містить все зазначене нижче або його частину:

- межі проміру;
- вимоги до даних і роздільна здатність;
- метод контролю місцеположення та очікувана точність;
- застосований гідролокатор;
- спосіб подання звіту про проведення досліджень й обумовлена дата, якщо це доречно;
- загальний та, іноді детальний опис підґрунтя для визначення пріоритетів, методи, які мають бути задіяні, особливі спостереження, що мають бути зроблені, та інші важливі керівництва чи інструкції.

Крім цього, додатки до Гідрографічної інструкції мають містити інструкції або керівництва щодо:

- горизонтального рівня приведення, проекції і координатної сітки;
- уламків затонулих кораблів у районі;
- припливного рівня глибин і спостережень, у яких існує потреба;
- спеціальних інструкцій зі збору даних щодо океанографії, геофізики, посібників для плавання, аерофотозйомки тощо.

Після одержання інструкцій щодо проекту проектувальники промірів узагальнюють інформацію про швидкість звуку, кліматологію, дані щодо прозорості води, а також інформацію з «Вогнів і знаків», посібників для плавання і повідомлень мореплавцям. Ретельно переглядається інформація щодо припливів та обираються місця для встановлення самописців рівня моря. Для того, щоб упевнитись у їх відповідності стандартам очікуваної точності, переглядаються дані висотного обґрунтування. Подібний перегляд здійснюється таким чином, щоб самописці рівня можна було пов'язати з вертикальним рівнем приведення, який застосовується для промірів. Для перевірки точності та відмінностей, а також визначення місць розташування місцевих систем позиціонування, що будуть використовуватися при промірах, проводиться перегляд планового обґрунтування.

Розробка загального і подальших планів промірів, розроблених залежно від місцевих умов, сприятиме їх більш ефективному проведенню. Загальний план проміру призначається для розгляду способів планування і



виконання проміру та обробки отриманих даних. Цей план має бути належним чином продуманим і обґрунтованим з урахуванням якомога більшої кількості надзвичайних обставин. У такому плані має бути передбачено професійну підготовку, програмне забезпечення, технічне обслуговування і вдосконалення обладнання, матеріально-технічне забезпечення з усіма вимогами до нього, графік, безпеку і погодні умови. План промірів, розроблений залежно від місцевих умов, охоплює місцеві повідомлення, лінії промірів, рівні приведення, щільність запису даних, а також спеціальне обладнання і персонал, що відповідають вимогам загального плану промірів. Наводимо лише деякі з цих вимог:

- Під час виконання проміру слід забезпечити професійну підготовку гідрографів з метою підтримання відповідного рівня їх кваліфікації.
- Основна роль у процесі виконання промірів належить програмному забезпеченню з реєстрації і обробки даних, яке має бути зручним для користувачів, а персонал, що працює з цим програмним забезпеченням, повинен бути ознайомлений з усіма його функціями.
- Слід вибрати необхідні засоби та обладнання для виконання промірів. Деякі види обладнання застосовують лише для певних видів досліджень, інші ж – призначені для більш загального використання. Першочергове завдання – зробити правильний вибір.
- Від мети виконання проміру зазвичай залежать вимоги щодо даних (щільність, покриття і точність). Проте, якщо це не вплине на вартість робіт і не порушить графіка, слід розглянути всі можливі вимоги.
- У більшості випадків графік є критичним елементом у гідрографічних дослідженнях. Вимоги до даних, як правило, включають у себе визначення конкретної дати. Отже, збір і обробка даних проміру відбуваються у межах певного проміжку часу. Для виконання цієї умови необхідно мати достатні ресурси персоналу та обладнання. Якщо дотриматися графіка неможливо, заявка на виконання проміру не надійде і, натомість, будуть задіяні інші джерела. Враховуючи сказане, зрозуміло, що важливим є планування й аналіз всіх аспектів загального плану промірів, зокрема, необхідність дотримання графіка, як основного елемента.
- Найважливішим елементом є безпека. На особу, яка відповідає за роботу в полі, покладається відповідальність за оцінювання кожної ситуації на предмет можливих ризиків. У разі виявлення небезпеки, вона підлягає оцінюванню перед продовженням робіт.
- Повідомлення місцевим органам, адміністрації начальника порту слід надавати заздалегідь, щоб було достатньо часу для інформування місцевих мореплавців.
- Під час виконання промірів за допомогою БПЕ лінії промірів повинні повторювати контур дна порту. Це зменшить зміну покриття дна, яка виникає через різні глибини. Втім, при використанні однопроменевих систем лінії мають розташовуватись

перпендикулярно контурам, що допоможе визначити зміни у рельєфі дна. Щоб забезпечити відповідність стандарту, визначеного для промірів, лінії промірів при використанні БПЕ повинні розташовуватися таким чином, щоб могли забезпечити потрібну кількість перекривань або щільність даних.

- Невід'ємною частиною даних для промірів є встановлений нуль глибин. Сумлінна практика виконання гідрографічних промірів потребує чіткого визначення (у вигляді примітки на виданих результатах проміру) фактичної вертикалі та горизонталі відліку, що використовуються, а також процедур, які застосовуються для встановлення нуля глибин при промірі.
- Щільність даних змінюється залежно від методу виконання проміру, глибини і потреб. Метод виконання проміру визначається на основі наявного промірного обладнання, персоналу та умов у районі проведення проміру. У разі наявності лише однопроменевої промірної системи щільність даних буде меншою. Щодо багатопроевеної системи, то чим більшою буде глибина, тим менш щільними виявляться дані, якщо не буде виконано повторного проходження. Тип проміру визначає вимоги щодо надлишку або перекриття даних.

Важливим фактором є якомога більша стандартизація обладнання, розрахована на більш вузчу професійну підготовку, обмежені можливості технічного обслуговування та скорочення невиробничих витрат.

### 4.3 Збір даних

На збір даних впливають різні фактори. Вимоги до проміру, наявні засоби і обладнання, а також час, відведений для виконання конкретного завдання, визначають кількість даних, що мають бути зібрані. З використанням найсучаснішого гідрографічного програмного забезпечення і таких пристроїв як БПЕ, можна збирати великі обсяги даних. Вимоги щодо даних (щільність покриття і точність даних) звичайно визначає мета проміру. Втім, якщо це не впливає на вартість і дотримання графіка, впродовж польових досліджень рекомендується збирати максимально можливу кількість даних. Збір даних слід виконувати методично, починаючи від одного кінця району і закінчуючи іншим.

Слід зазначити, що надлишок даних і щільність даних не є синонімічними термінами. Термін «щільність даних» означає кількість промірів на одиницю площі, у той час, як «надлишок даних» означає накладання даних або дані, зібрані у різний час у тому самому місці.

Вимоги щодо надлишку даних або накладання даних обумовлюються типом проміру. Повне покриття промірами у значній мірі має відношення до щільності даних, забезпечуючи визначення місцеположення всіх донних об'єктів, перешкод. Це треба чітко усвідомлювати тим, хто замовляє

проведення промірів, і тим, хто такі проміри виконує, щоб гарантувати відповідність стандартам МГО.

#### 4.4 Обробка даних

Обробка даних повинна здійснюватися у суворій відповідності до критеріїв контролю якості. Гідрографічні дані збирають автоматизованими системами або перетворюють в автоматизований формат. Остаточну обробку даних і їх нанесення на карту виконують за допомогою бортових або офісних комп'ютерних систем. Стандартним підходом до гідрографічного проміру є методика «збір-обробка-збір»[5]. Зібрані дані обробляються, після чого проводиться повторний промір стосовно «білих плям» або районів із сумнівними даними. Більшість гідрографічних систем здатні здійснювати так звані «завершені в полі» операції, коли дані збираються, обробляються, заносяться та аналізуються в полі. Для комплексного підходу, який готує підґрунтя для всіх операцій з системою, що передбачають обробку даних у режимі реального часу і подальшу обробку даних, потрібне комплексне планування проміру. Опис подібної моделі наведено нижче [6].

Дані + Процес обробки = Робота

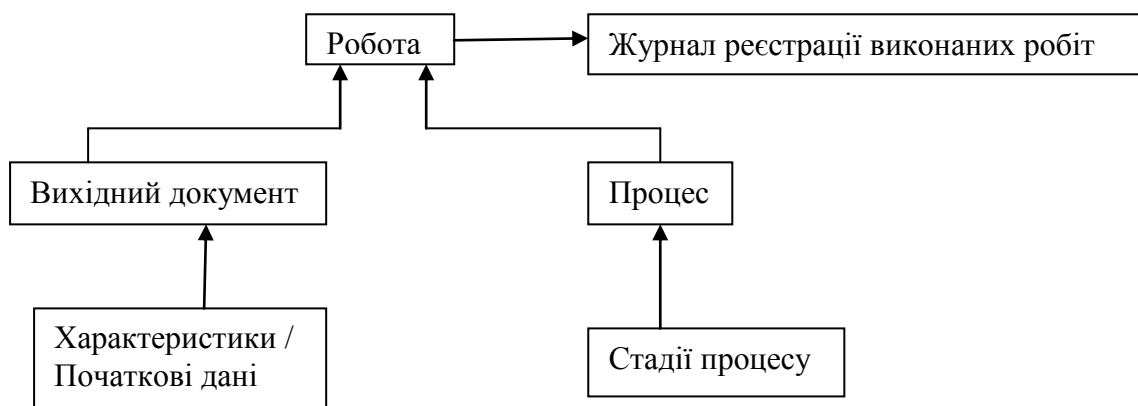


Рисунок 4.1 Модель обробки даних

Ця модель описує різні процеси, які можна ідеально застосовувати до обробки гідрографічної інформації. Процес нараховує кілька стадій. Коментарії стосовно кожної стадії процесу разом з результатами і статистикою заносять до журналу реєстрації виконання робіт. Після цього вихідну та загальну інформацію щодо якості будь-яких нових даних заносять до вихідного документа, який зберігається у базі даних.

Основною вимогою щодо обробки даних є формування достовірних, достатньо оброблених даних, тобто даних, підданих різноманітним процедурам на різних стадіях або представлених таким чином, щоб мати можливість їх оцінити. Ці процедури/стадії процесу можуть застосовуватись у реальному часі або при подальшій обробці, але у будь-якому випадку вони

мають забезпечувати відповідність кінцевої продукції стандартам і специфікаціям МГО.

Слід приділити увагу обробці початкових даних. Необхідно впевнитись у тому, що усунуто всі помилки і внесено необхідні поправки, наприклад, застосований калібрувальний коефіцієнт системи та зсув датчиків, або такі перемінні величини як профілі швидкості звуку та припливні значення для приведення глибин. Обробка повинна бути спрямована на використання всіх наявних джерел інформації для підтвердження присутності значимих для мореплавства глибин і даних щодо якості. Декілька стадій обробки, перерахованих нижче, подаються лише як рекомендації (у тому числі їх послідовність) і не є обов'язковими для виконання [7]:

- **місцеположення:** об'єднання даних про місцеположення з різних датчиків (за необхідності), уточнення даних про місцеположення та усунення розбіжностей;
- **поправки щодо глибини:** мають бути внесені поправки щодо змін рівнів води, результатів вимірювання датчиків положення у просторі та зміни осадки гідрографічного судна (наприклад збільшення осадки кормою на ходу внаслідок зміни швидкості; зміни, спричинені споживанням пального). Необхідно забезпечити можливість повторної обробки даних у режимі реального часу по відношенню до тих даних, куди вносилися поправки;
- **поправки щодо просторового положення:** повинні бути уточнені дані щодо просторового положення (курс, кильова хитавиця, бортова хитавиця) та усунені розбіжності у них;
- **швидкість звуку:** мають бути обчислені та внесені поправки щодо рефракції. Якщо ці поправки вже вносились у режимі реального часу під час проміру, слід забезпечити можливість їх коригування шляхом використання іншого профілю швидкості звуку за допомогою БПЕ, оскільки застосування швидкості звуку стало критичним;
- **поєднання координат і глибин:** слід брати до уваги часову компенсацію (латентність) і геометричну компенсацію.

#### 4.5 Аналіз даних

Точність результатів вимірювань протягом проміру слід завжди оцінювати з огляду на те, наскільки вони є прийнятними або надійними. Оскільки жодне обладнання не є безпомилковим, похибку слід вводити в усі спостереження. Крім цього, похибки вводяться в обчислення за допомогою наближення у формулах або за допомогою округлення. Методи спостереження розроблено таким чином, щоб усунути всі помилки, крім незначних випадкових, які пізніше детально аналізуються методами з обчислення точності спостережень.

Далі наведено величини помилок та вказано процедури щодо їх усунення.

ПОМИЛКА	ВЕЛИЧИНА	ПРОЦЕДУРА УСУНЕННЯ
<b>Груба</b>	Велика	Професійна підготовка, процедури з виявлення проблеми
<b>Постійна</b>	Зазвичай незначна, але систематична	Калібрування або процедури визначення
<b>Періодична</b>	Зазвичай незначна, але перемінна	Процедура (повторення), навіть для великих помилок
<b>Випадкова</b>	Зазвичай незначна	Лише зменшення шляхом повторення

Постійні, систематичні та періодичні помилки у сукупності, як правило, вважаються «систематичними помилками». Постійні та систематичні помилки є такими, що накопичуються, тому їх не можна усунути шляхом повторення. Випадкові помилки присутні в усіх спостереженнях – результат ніколи не може бути «точним». Ці помилки скоріше позитивні, ніж негативні, та у більшості випадків є незначними.

За умови наявності достатньої кількості даних можна виокремити систематичну помилку шляхом аналізу. Безумовно, для цього бажано знати, де саме в спостереженнях існує постійна та/або систематична помилка. Постійні помилки часто складно виявити. Вони можуть стати очевидними лише під час обчислень або в результаті спеціальних перевірок, наприклад, невірно відкалібрований кристал електронного віддалеміру може бути виявлений при його порівнянні з іншим кристалом. Алгебраїчна різниця між кожним спостереженням і середнім значенням всіх спостережень називається **нев'язкою** такого спостереження. У разі наявності лише випадкових помилок, невізки будуть випадково різнитися за величиною і знаком. Якщо ж наявні систематичні помилки, у величинах та/або знаках невізок будуть спостерігатися систематичні тенденції. Для допомоги в аналізі даних, з метою подальшої оцінки, мають бути згадані атрибути початкових даних і метадані.

## 5. ЯКІСТЬ ГІДРОГРАФІЧНИХ ДАНИХ

Якість – це прийнятність для використання. Мають на увазі ступінь, у якому набір даних або кінцева карта задовольняють потреби особи, яка їх оцінює. Помилка – це різниця між фактичними і достовірними даними. Помилка є основною проблемою якості. Цей термін часто використовують як узагальнюючий для опису всіх факторів, що ведуть до відхилення даних від їх істинних показників [8]. Для забезпечення комплексної оцінки якості промірних даних необхідно зареєструвати або задокументувати певну інформацію разом з промірними даними. Така інформація є важливою для можливості застосування результатів промірів багатьма користувачами з різними вимогами, особливо у тих випадках, коли на момент збору таких промірних даних вимоги невідомі. Процес документування якості даних називається атрибуцією даних, а інформація щодо якості даних – метаданими. Метадані, щонайменше, мають містити у собі нижченаведену інформацію [9]:

- Загальна інформація щодо проміру, наприклад, дата, район, використане обладнання, назва гідрографічного засобу.
- Використана геодезична система координат, наприклад, горизонтальний і вертикальний рівні приведення, включаючи прив'язки до WGS-84 у разі використання місцевого (національного) рівня приведення.
- Процедури і результати калібрування.
- Швидкість звуку.
- Нуль глибин.
- Досягнута точність і відповідний рівень достовірності.

Бажано, щоб метадані реєструвалися у цифровій формі і були складовою частиною протоколу проміру. Якщо це неможливо, подібну інформацію має бути включено до документації проміру. Якість даних досягається завдяки ефективному контролю якості, який здійснюється автоматично або вручну [10].

- **Автоматичний (не інтерактивний) контроль якості:** У цьому випадку отримані координати (тобто місцеположення і глибини) піддаються автоматичному контролю за допомогою програми з прийнятими статистичними алгоритмами, які документують, тестують і демонструють отримання відтворених і точних результатів.
- **Ручний (інтерактивний) контроль якості:** У цьому випадку настійно рекомендуються тривимірні засоби візуалізації. Ці засоби повинні забезпечувати можливість перегляду даних з використанням механізму зміни масштабу. Інтерактивна система обробки також повинна забезпечувати різні режими відображення для візуалізації, наприклад, нанесення глибин, нанесення помилок, простого профілю, одного променя, зображення зворотного

розсіювання та ін., а також візуалізації промірних даних у поєднанні з іншою корисною інформацією, наприклад, береговою лінією, уламками затонулих кораблів, засобів навігаційного обладнання та ін. Редагування даних повинно бути можливим в усіх режимах і має включати у себе контрольний журнал. Якщо це можливо, візуально представлені дані повинні бути прив'язані до географічних координат. Прапорці, що встановлені протягом автоматичної стадії і стосуються глибин, менших за оточуючий район, повинні потребувати визначених дій оператора по відношенню, щонайменше, до промірів спеціального і першого класу. Якщо оператор відхиляє прапорці, встановлені протягом автоматичної стадії, такі дії повинні бути задокументовані. У тому ж випадку, коли прапорець установлює сам оператор, тип прапорця має на це вказувати.

## 5.1 Якість даних для відображення

### 5.1.1 Схеми надійності карт

Традиційно якість батиметричних даних є суб'єктивною процедурою. Користувач оцінює якість даних, що надаються, через схему надійності карти. Ця схема має вигляд врізки в карту і містить інформацію щодо досліджених районів разом з такими даними, як масштаб, лінія проміру, рік проміру та інше. На жаль, сам характер інформації, що міститься на схемі надійності, та здатність оцінити якість даних є суворо обмеженими. Наприклад, якщо користувачу карти невідомо, що означає напис «до 1790 протралений гідролокатором район» або що мається на увазі під виразом «промірна лінія «п» метрів», то схема надійності принесе мало користі у визначенні якості відображення даних щодо глибини.

Початкова ідея схеми надійності полягала у класифікації якості промірних даних і відображенні різної класифікації на схемі як доброї, помірної або недостатньої. Схема призначалася для забезпечення мореплавців здатністю оцінювати небезпеку відхилення від рекомендованого маршруту. Проте, виникає зростаюче занепокоєння щодо заплутаності схеми надійності та зростаючої складності у підтриманні простої для користувача форми схеми. У разі розвитку такої тенденції схеми надійності стають складними для планування картографічної діяльності, спричиняють помилки у тлумаченні та можуть стати такими, що будуть ігноруватися мореплавцями.

Схеми надійності не виправдовують очікувань щодо досягнення головної мети, яка полягає у наданні мореплавцям інформації щодо якості даних у дуже простій формі. Більше того, з огляду на чітко визначений навігаційний потенціал, якому можуть сприяти електронні навігаційні карти (ЕНК - ENC) та Інформаційна система відображення електронних карт (ІСВЕК - ECDIS), користувачі потребують наявності набагато повнішої

оцінки якості даних для більш передбачуваного використання існуючих даних. Отже, постає проблема в альтернативі нинішній схемі надійності як остаточного показника якості.

Схеми надійності та всі подібні до них варіанти, відображені на морських картах, характеризуються однаковими недоліками.

### 5.1.2 Зони довіри (ZOC)

Концепція ZOC була розроблена МГО з метою створення засобу класифікації батиметричних даних. ZOC представляє собою простий і логічний засіб демонстрації мореплавцю довіри, яку національна картографічна установа відчуває при будь-якому конкретному виборі батиметричних даних. Зазначений засіб призначений для класифікації мореплавних районів шляхом визначення різних рівнів довіри, яку можна надавати даним, що лежать в основі, за допомогою використання таких критеріїв:

- точність глибин і координат;
- ретельність дослідження морського дна;
- відповідність затвердженому плану забезпечення якості.

Згідно з цією концепцією було розроблено і згодом затверджено для публікації S-57 МГО у вигляді її частини шість ZOC. ZOC A1, A2 і B виходять із сучасних і майбутніх промірів, і ZOC A1 та A2 потребують повного дослідження району. ZOC C і D характеризуються низькою точністю та недостатньою якістю даних, у той час, як ZOC U надає дані, що не були оцінені на момент публікації. ZOC розроблені для відображення на паперових картах як врізані схеми на місці існуючих на сьогоднішній день схем надійності, а також на електронних зображеннях.

Необхідно наголосити, що ZOC є картографічним стандартом і не призначена для використання з метою встановлення стандартів гідрографічних досліджень або для управління якістю даних. Точність глибин і координат, визначена для кожної ZOC, стосується помилок остаточно зазначених глибин і включає у себе не лише помилки у промірах, а і будь-які інші помилки, допущені у процесі виробництва карти. Нижче приведені окремі специфікації ZOC.

**ZOC A1** – дані щодо місцеположення (координат) і глибин, зібрані у відповідності з визначеними процедурами та вимогами щодо точності. Проміри проведені з використанням визнаної технології і здійснені з повним дослідженням району з метою виявлення всіх значних об'єктів і вимірювання глибин. Зазвичай промір проводиться на основі WGS-84 з використанням Диференційної глобальної системи позиціонування (DGPS) або, щонайменше, з трьома лініями положення за допомогою багатопроменевої, каналної або механічної системи тралення. Зважаючи на інтенсивність даних, що збираються, та значну кількість часу, який необхідний для досягнення цього стандарту, можна очікувати, що дані за класифікацією ZOC A1 з найбільшою



Вірогідністю будуть слугувати ознакою критичних каналів, якірних стоянок, районів з мінімальною глибиною під кілем, судноплавних каналів, рекомендованих маршрутів, портів і підходів до них.

**ZOC A2** – дані щодо місцеположення і глибин, зібрані у відповідності з визначеними процедурами та вимогами щодо точності. Проміри проведені з використанням визнаної технології і здійснені з повним дослідженням району з метою виявлення всіх значних об'єктів і вимірювання глибин. Зазвичай промір проводиться з використанням сучасного промірного ехолоту з гідролокатором або механічним тралом. Не зважаючи на те, що точність місцеположення і глибин не така вже й висока, як у ZOC A1, покриття морського дна є таким, що мореплавець має високий рівень довіри до якості даних.

**ZOC B** - дані щодо місцеположення і глибин, зібрані у відповідності з визначеними процедурами та вимогами щодо точності. Втім повне дослідження району не проведено, і можуть існувати (хоча цього і не очікується) не несені на карту об'єкти, небезпечні для надводного судноплавства. Ця ZOC вказує мореплавцю на задовільний рівень довіри до якості даних. ZOC B має таку ж точність місцеположення і координат, що і ZOC A2, і застосовується, наприклад, до сучасних промірів, які не характеризуються повним дослідженням морського дна і виявлення об'єктів. У цій ZOC розсудливим мореплавцям слід дотримуватись більшої глибини під кілем, ніж у ZOC A1 або A2.

**ZOC C** - дані щодо місцеположення і глибин менша за ту, що досягнута у випадку з ZOC B, описаній вище. Дані щодо глибин можуть надходити з джерел, які не є контрольованими систематичними гідрографічними промірами. Повне дослідження району проведено не було, і можуть бути розбіжності між показниками глибин. ZOC C вказує на те, що мореплавцю слід бути особливо обережним і дотримуватись (з належною увагою до навколишніх глибин) більшого запасу надійності у порівнянні з інформацією, нанесеною на карті.

**ZOC D** – точність даних щодо місцеположення дуже низької якості або не може бути оцінена внаслідок недостатності допоміжної інформації. Повне дослідження району проведено не було, і можуть бути значні розбіжності між показниками глибин.

**ZOC U** – точність батиметричних даних ще не було оцінено.

Як зазначалося вище, концепція ZOC не претендує бути стандартом щодо гідрографічних вимірювань, але вона гарантує, що якість даних у кожній категорії гарантовано забезпечується точністю визначення місцеположення і глибин не нижче зазначеної для кожної ZOC. Це ж стосується і характеру покриття морського дна у кожній зоні довіри. В таблиці 5.1 зведено всі кількісні показники щодо точності місцеположення і точності глибин для кожної категорії ZOC, а також характер покриття району промірами і самі параметри проміру.

Таблиця 5.1 Категорії зон довіри даним – таблиця ZOC

1	2	3		4	5
ZOC <sup>1</sup>	Точність <sup>2</sup> місце- положення	Точність глибини <sup>3</sup>		Покриття морського дна <sup>4</sup>	Типові характеристики проміру <sup>5</sup>
A1	± 5 м	= 0,50 + 1 % глибини		Проведено повне дослідження району. На морському дні виявлено всі значні об'єкти <sup>4</sup> , виміряні глибини.	Контрольований систе- матичний промір <sup>6</sup> . До- сягнута висока точність місцеположення і гли- бин, використано DGPS або, щонайменше, три високоякісні лінії поло- ження та багатопрое- неву, каналну або меха- нічну систему тралення.
		Глибина, м	Точність, м		
		10	± 0,6		
		30	± 0,8		
		100	± 1,5		
		1000	± 10,5		
A2	± 20 м	= 1,00 + 2 % глибини		Проведено повне дослід- ження району. На морському дні виявлено всі значні об'єк- ти <sup>4</sup> , виміряні глибини.	Контрольований систе- матичний промір <sup>6</sup> . До- сягнута висока точність місцеположення і гли- бин ( але менша за ZOC A1), використано сучас- ний промірний ехолот <sup>7</sup> і гідролокатор або меха- нічну тральну систему.
		Глибина, м	Точність, м		
		10	± 1,2		
		30	± 1,6		
		100	± 3,0		
		1000	± 21,0		
B	± 50 м	= 1,00 + 2 % глибини		Повного дослі- дження району не досягнуто. Не нанесено на карту небезпеч- них для над- водного судно- плавства об'єк- тів, яких не очікують, але вони можуть існувати.	Контрольований систематичний промір <sup>6</sup> . Досягнута така ж точність гли- бин, але менша точ- ність місцеположен- ня, ніж у ZOC A2, використано сучас- ний промірний ехо- лот, але не гідроло- катор або механічну тральну систему.
		Глибина, м	Точність, м		
		10	± 1,2		
		30	± 1,6		
		100	± 3,0		
		1000	± 21,0		
C	± 50 м	= 2,00 + 5 % глибини		Повного ДО- СЛІДЖЕННЯ РАЙОНУ НЕ ДОСЯГНУТО. Можуть бути розбіжності між показника- ми глибин.	Промір з низькою точ- ністю або дані зібрані по можливості, наприклад, промір, виконаний під час проходження.
		Глибина, м	Точність, м		
		10	± 2,5		
		30	± 3,5		
		100	± 7,0		
		1000	± 52,0		
D	Гірше, ніж ZOC C	Гірше, ніж ZOC C			Низька якість або дані, які неможливо оцінити внаслідок недостачі інформації.
U		Не оцінено			

**Примітки.** Для того, щоб визначити категорію ZOC, необхідно задовольнити всі умови, перераховані у стовпчиках 2-4 таблиці. Нумери пояснювальних приміток, зазначені у таблиці, мають такі значення:

1. Розподіл ZOC вказує на те, що конкретні дані відповідають мінімальним критеріям точності місцеположення і глибини, а також покриття морського дна, наведені у таблиці. Категорії ZOC відображають картографічний стандарт, а не просто стандарт гідрографічних промірів. Точність глибин і координат визначена для кожної категорії ZOC, стосується помилок остаточно зазначених глибин і включає у себе не лише помилки гідрографічних промірів, а і будь-які інші помилки, допущені у процесі виробництва карти. У подальшому дані можуть класифікуватися за об'єктним класом «Якість даних» (M\_QUAL) відповідно до таких субатрибутів:

- координатна точність (POSACC) і Точність глибини (SOUACC) можуть використовуватися для констатації того, що була досягнута вища, ніж визначено у цій таблиці, точність визначення місцеположення або глибини (наприклад, промір, при якому не було досягнуто повного покриття морського дна, не може мати вищу за ZOC B категорію, проте якщо точність координат становила, наприклад,  $\pm 15$  метрів, для зазначення цього може бути застосовано субатрибут POSACC);

- протраленим районам, у яких точно відома безпечна глибина, але не відома реальна глибина до дна може бути присвоєна вища категорія ZOC (тобто, A1 або A2) за тієї умови, що точність координат і глибини протралених вод відповідають критеріям цієї таблиці. У даному прикладі для визначення протраленої глибини може використовуватись значення амплітуди глибини 1 (DRVAL1). Критерій точності місцеположення застосовується до меж протраленого району.

- субатрибути SURSTA, SUREND і TECSOU можуть використовуватись для позначення початкової і кінцевої дат проміру та технології вимірювання глибини.

2. Критерії точності місцеположення складають 95 % CI ( $2\sigma$ ) у порівнянні з даним рівнем приведення. Це є накопиченою помилкою, яка включає у себе помилки при проведенні проміру, перетворенні, оцифруванні та ін. Немає потреби у скрупульозному обчисленні точності місцеположення для ZOC B, C і D, але така точність може оцінюватись виходячи з типу обладнання, режиму калібрування, історичної точності та іншого.

3. Точність зображення глибин для, наприклад, ZOC A1 складає 0,50 метра + 1 % глибини при 95 % CI ( $2\sigma$ ), де загальна глибина є глибиною в метрах на критичній позначці. Немає потреби у скрупульозному обчисленні точності глибини для ZOC B, C і D, але така точність може оцінюватись виходячи з типу обладнання, режиму калібрування, історичної точності та іншого.

4. Значні донні об'єкти визначаються як такі, що перевищують зображені глибини на більше, ніж:

<u>Глибина</u>	<u>Значний об'єкт</u>
< 10 метрів	> $0,1 \times$ глибина
від 10 до 30 метрів	> 1,0 метра
> 30 метрів	> $(0,1 \times$ глибина) – 2,0 метри

*Примітка.* Оцінюючи ступінь безпеки, який має бути застосованим, мореплавці повинні звертати належну увагу на обмеження промірного обладнання.

5. Типові характеристики проміру: ці описування слід розглядати лише як показові приклади.

6. Контрольовані систематичні проміри (ZOC A1, A2 і B) – проміри, що включають у себе заплановані промірні лінії у геодезичній системі координат, яка може бути перетворена у WGS-84.

7. Сучасний промірний ехолот – однопроменеве (багатопроневе) вимірювальне обладнання високої точності, куди, як правило, належать всі промірні ехолоти, розроблені після 1970 року.

Зрозуміло, що якість даних для відображення передбачає, перш за все, якість і точність даних гідрографічних вимірювань. Ці питання розглядаються у наступному розділі.

## 5.2. Оцінка якості зйомки

### 5.2.1. Показники якості зйомки

Якість зйомки оцінюється сукупністю показників, що дозволяють робити висновки щодо придатності її результатів для задоволення конкретних вимог, які визначаються призначенням гідрографічних досліджень.

Основним кінцевим матеріалом зйомки є звітні планшети із зображенням рельєфу і (або) цифрові моделі рельєфу (ЦМР). У відповідності з призначенням гідрографічних досліджень підводний рельєф повинен бути представлений з детальністю, яка дозволяє у заданому масштабі показати усі навігаційні небезпеки і представити усі форми рельєфу. Найбільш важливими вимогами, що обумовлюють достовірність і детальність представлення рельєфу, є геометрична точність зйомки і покриття усього району системою галсів з дискретністю, достатньою для виявлення відповідних форм рельєфу дна. Таким чином, оцінка якості зйомки зводиться до визначення ступені відповідності досягнутих показників нормативно-технічним вимогам.

З метою досягнення нормативно-технічних вимог на всіх етапах зйомки приймаються заходи для контролю надійності і точності вимірів, визначаються і вводяться відповідні поправки, вибираються і уточнюються

міжгалсові відстані, проводяться контрольні вимірювання. Кінцева обробка з метою отримання найбільш вірогідних значень усіх елементів, що формують графічну або цифрову модель рельєфу, відбувається на завершальному етапі досліджень, коли отримана уся необхідна інформація і можуть бути визначені надійні статистичні оцінки.

Суворе дотримання усіх нормативів і правил в цілому забезпечує необхідну якість зйомки. Однак не слід забувати, що у процесі гідрографічних робіт часто використовують апріорні величини поправок і апріорні оцінки точності. Природно, що через це виникає вимога, щоби на завершальному етапі обробки були отримані апостеріорні оцінки результатів зйомки. До таких оцінок відносять перш за все правильність і точність вимірювань. Нагадаємо, що правильність характеризується близькістю до нуля систематичних похибок у результатах вимірювань, а точність – близькістю виправлених вимірювань до істинного їх значення.

Використаємо результати вимірювань глибин на основних і контрольних галсах, склавши відомість, в яку занесемо глибини  $z_{oi}$  основних і  $z_{ki}$  контрольних галсів у точках перетину. Потім шляхом інтерполяції на середину між суміжними основними галсами отримаємо глибини  $\check{z}_{oj}$ , і для цих же точок знімемо глибини на контрольних галсах  $z_{kj}$ . Утворимо тепер різниці  $\Delta_i = z_{oi} - z_{ki}$ ;  $\delta_j = \check{z}_{oj} - z_{kj}$ . Наявність вказаних різниць дозволить отримати три дуже важливі оцінки для визначення якості зйомки:

- середню квадратичну похибку (СКП)  $m_z$  вимірювання глибин;
- середню величину  $\delta_{cp}$  остаточної систематичної похибки (ОСП) вимірювання глибин;
- СКП  $m_{ин}$  інтерполяції проміжних глибин.

В першу чергу для оцінки правильності вимірювань оцінимо середню величину  $\delta_{cp}$  остаточної систематичної похибки. Представимо вибірку різниць глибин основних і контрольних галсів:

$$\left. \begin{array}{l} z_{o1} - z_{k1} = \Delta_1 \\ z_{o2} - z_{k2} = \Delta_2 \\ \dots\dots\dots \\ z_{oi} - z_{ki} = \Delta_i \\ \dots\dots\dots \\ z_{on} - z_{kn} = \Delta_n \end{array} \right\} \quad (5.1)$$

Величини  $\Delta_i = z_{oi} - z_{ki}$  є істинними похибками різниць і формуються двома складовими: випадковою  $l_i$  і систематичною  $\delta_i$ . Таким чином, праві частини ряду (5.1) можна написати у такому виді:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta_1 = l_1 + \delta_1 \\ \Delta_2 = l_2 + \delta_2 \\ \dots\dots\dots \\ \Delta_n = l_n + \delta_n \end{array} \right\} \quad (5.2)$$

Утворимо суми правих і лівих частин (5.2) і поділимо їх на число членів ряду

$$\frac{[\Delta_i]}{n} = \frac{[l_i]}{n} + \frac{[\delta_i]}{n}$$

На основі властивостей випадкових похибок при достатньо великому  $n$  можливо вважати, що

$$\frac{[l_i]}{n} \approx 0$$

Позначимо через  $\delta_{cp}$  частинне від ділення суми систематичних похибок на їх число  $n$ . Тоді

$$\delta_{cp} = \frac{[\delta_i]}{n} \approx \frac{[\Delta_i]}{n} \quad (5.3)$$

буде характеризувати величину систематичних похибок вимірювання глибин через їх середнє значення. Оцінку середньої квадратичної похибки величини різниць глибин для ряду (5.1) отримаємо через істинні різниці  $\Delta_i$

$$m_{\Delta} = \left[ \frac{[\Delta_i^2]}{n} \right]^{1/2} \quad (5.4)$$

Якщо мати на увазі, що квадрат СКП різниці двох величин дорівнює сумі квадратів СКП вихідних величин, запишемо:

$$m_{\Delta}^2 = m_o^2 + m_k^2,$$

де:  $m_o$ ,  $m_k$  – СКП вимірювання глибин на основних і контрольних галсах відповідно.

Глибини на основних і контрольних галсах вимірюються звичайно ехолотами одного класу точності і в одному і тому ж середовищі. Природно вважати, що

$$m_o = m_k = m_z.$$

Тоді

$$m_{\Delta}^2 = 2 m_z^2$$

і після підстановки у (5.4), отримаємо

$$m_z = \left[ \frac{[\Delta_i^2]}{2n} \right]^{1/2} \quad (5.5)$$

де  $m_z$  представляє собою оцінку СКП вимірювання глибин у районі зйомки. Ця оцінка є показником реальної точності вимірювання глибин як результат сукупного впливу випадкових похибок вимірювань і остаточних систематичних похибок (після введення поправок). СКП  $m_{ін}$  інтерполяції залежить від ступеня розчленованості підводного рельєфу і пов'язана, таким чином, з обраною величиною міжгалсової відстані  $L$ . Для оцінки величини  $m_{ін}$  виберемо такий алгоритм. За ехограмами контрольних галсів отримаємо глибини  $z_{kj}$ , які знаходяться в середині між відповідними основними галсами. Для цих же точок отримаємо глибини  $z_{oj}$  лінійною інтерполяцією між глибинами  $z_{aj}$  і  $z_{bj}$ , що знаходяться на перетині контрольного галсу із суміжними основними галсами  $a$  і  $b$ :

$$\check{z}_{oj} = 1/2 (z_{aj} + z_{bj}) \quad (5.6)$$

Утворимо різниці  $\delta_j$  глибин  $\check{z}_{oj}$  і  $z_{kj}$ , представивши їх у виді ряду, подібно (5.1)

$$\left. \begin{array}{l} \check{z}_{o1} - z_{k1} = \delta_1 \\ \check{z}_{o2} - z_{k2} = \delta_2 \\ \dots\dots\dots \\ \check{z}_{oi} - z_{ki} = \delta_i \\ \dots\dots\dots \\ \check{z}_{on} - z_{kn} = \delta_n \end{array} \right\} \quad (5.7)$$

СКП  $m_p$  розбігу глибин у середині між галсами отримаємо за формулою

$$m_p = \left[ \frac{[\delta_j^2]}{n} \right]^{1/2} \quad (5.8)$$

Маючи на увазі, що розбіг глибин у даному випадку обумовлений похибками глибин  $\check{z}_{oj}$  і  $z_{kj}$ , а також похибками інтерполяції  $m_{ін}$ , СКП  $m_p$  можна представити у такому виді:

$$m_p^2 = m_z^2 + m_k^2 + m_{ін}^2 \quad (5.9)$$

Як і раніше, будемо вважати  $m_k = m_o = m_a = m_b = m_z$ . В такому випадку СКП глибини  $\check{z}_{oj}$  з урахуванням (5.6) буде дорівнювати

$$m_z^2 = 1/4(m_a^2 + m_b^2) = 1/2 m_z^2 \quad (5.10)$$

Маючи на увазі (5.10), перепишемо (5.9)

$$\begin{aligned} m_p^2 &= 1/2 m_z^2 + m_z^2 + m_{ин}^2 \\ m_p^2 &= 3/2 m_z^2 + m_{ин}^2 \end{aligned} \quad (5.11)$$

Величина СКП  $m_p$  відома з (5.8), а  $m_z$  з (5.5). Розв'язавши (5.11) відносно  $m_{ин}$ , отримаємо

$$m_{ин} = \left[ \frac{[\delta_j^2]}{n} - 3/2 m_z^2 \right]^{1/2} \quad (5.12)$$

### 5.2.2. Критерії для аналізу показників якості зйомки

Розглянутий вище прийом співставлення глибин на основних і контрольних галсах дозволяє отримати статистичні оцінки  $\delta_{cp}$ ,  $m_z$ ,  $m_{ин}$ , котрі характеризують реальну точність зйомки рельєфу. Аналіз цих оцінок повинен дати відповідь на питання про те, в якій ступені отримані показники відповідають вимогам нормативних документів і відповідають конкретним цілям зйомки.

Повний збіг апостеріорних оцінок з нормами малоймовірно, так як неминучі випадкові відхилення результатів. Якщо отримані показники відхиляються у бік підвищення точності і, значить, у бік покращення якості, то матеріали зйомки приймаються. В іншому випадку необхідно вирішувати питання – чи прийнятні ці відхилення. Нарешті, якщо величина відхилень виявилася неприпустимою і, відповідно, суттєво знижує якість зйомки, приймається рішення про відшукування джерел похибок і їх видаленні.

Розглянемо тепер статистичні критерії, які дозволяють зробити висновок про якість зйомки при використанні отриманих вище показників оцінки.

1. Припустимість середньої величини остаточної систематичної похибки  $\delta_{cp}$  визначається на основі принципу правильності вимірювань. Правильними вимірюваннями вважають такі, при яких середня величина остаточної систематичної похибки суттєво менша, ніж середня квадратична величина випадкової похибки. Зокрема, в геодезії використовується таке співвідношення:

$$\delta_{cp} \leq 1/5 m \quad (5.13)$$

Величина середньої остаточної систематичної похибки  $\delta_{cp}$  є оцінкою, котру доцільно визначати раніше інших ( $m_z$ ,  $m_{ин}$ ). Знайдемо вираз, який дозволить отримати цю оцінку, без застосування більш складного обчислення СКП  $m$ .



У теорії ймовірності доводиться, що середнє арифметичне з абсолютних значень похибок даного ряду, яке називається середньою похибкою  $\Theta$ , і СКП  $m$  пов'язані між собою таким співвідношенням:

$$m = 1,253 \Theta \quad (5.14)$$

Підставивши  $\delta_{cp} = 1/n[\Delta]$ ,  $\Theta = 1/n[|\Delta|]$ , а також величину  $m$  з (13) в (5.14), отримаємо

$$[|\Delta|] \leq 0.25 [|\Delta|]. \quad (5.15)$$

Таким чином, при правильних вимірюваннях алгебраїчна сума різниць глибин у точках перетину контрольних і основних галсів не повинна перевищувати 0.25 абсолютної суми цих різниць. Це співвідношення й приймається звичайно як критерій припустимості систематичних похибок при оцінці якості зйомки рельєфу дна. Його широке застосування передумовилось простими розрахунками і достатньою для практики надійністю для рядів подвійних вимірювань, у яких різниці  $\Delta_i$  розподілені за нормальним законом, а вибірки великі.

Інваріантним відносно розподілення і надійним навіть при вибірках невеликого об'єму є критерій згоди  $\chi^2$  (хі-квадрат) Пірсона. При застосуванні до виявлення систематичних похибок у різницях подвійних вимірювань його можливо записати у такому виді:

$$\chi^2 = 4/n(1 - 0.5n)^2, \quad (5.16)$$

де:  $n$  – загальне число різниць у даній вибірці без нульових;  $l$  – число позитивних або негативних різниць у цій же вибірці.

Наявність систематичної похибки вважають встановленою, якщо виявиться, що

$$\chi^2 \geq \chi_{кр}^2, \quad (5.17)$$

де  $\chi_{кр}^2$  – граничне значення критерію, яке добирається з таблиць за рівнем значущості  $\alpha$  та числом ступенів свободи  $k = 1$ .

Як і багато інших статистичних критеріїв, умова (5.17) не доводить наявності систематичної похибки, а лише встановлює на прийнятому рівні значущості  $\alpha$  (звичайно 0.05) її можливість або неможливість. Виявлення джерел і визначення величини систематичної похибки в обох рядах вимірювань або в одному з них може бути здійснено ретельною перевіркою усього процесу зйомки або організацією контрольних вимірювань еталонними засобами.

2. Нехай у відповідності з діючою інструкцією щодо зйомки підводного рельєфу або відповідно технічного припису задана припустима величина СКП вимірювання глибин з урахуванням похибки визначення місця  $m_{z_0}$ . В результаті співставлення глибин через (5.5) отримана фактична СКП  $m_z$ , що трохи перевищує припустиму  $m_{z_0}$ . Необхідно з'ясувати, чи є ця відмінність

суттєвою або вона незначна. Ця задача може бути вирішена відомим прийомом порівняння вибіркової і гіпотетичної генеральної дисперсій. За нульову гіпотезу при цьому приймають умову, що генеральна дисперсія  $m_z^2$  розглянутої вибірки глибин дорівнює гіпотетичному значенню  $m_{z_0}^2$ . За конкуруючу гіпотезу приймається співвідношення  $m_z^2 > m_{z_0}^2$ .

Критерієм для перевірки нульової гіпотези приймається випадкова величина  $\chi^2 = (m - 1) m_z^2 / m_{z_0}^2$ . При цьому ймовірність  $a$  того, що буде відхилена правильна нульова гіпотеза, визначається виразом

$$P[\chi^2 > \chi_{кр}^2(a, k)] = a,$$

де  $\chi_{кр}^2(a, k)$  – критична точка розподілу, яку вибирають з таблиць розподілення  $\chi^2$  за аргументами  $k=n-1$  і  $a$ .

Ймовірність  $a$  у літературі з статистики називають рівнем значущості і приймають рівній 0,1; 0,05 або 0,01.

3. Критерієм, який визначає припустимість СКП інтерполяції глибин, є нерівність

$$m_{ін} \leq 1/3\delta_z \quad (5.18)$$

де  $\delta_z$  – середнє квадратичне ухилення глибин за відсутністю тренду (генерального ухилу).

Якщо умова (5.18) виконується, міжгалсові відстані обрані правильно і рельєф може бути зображений із необхідною достовірністю. В іншому випадку необхідне згущення проміру або площинне дослідження.

При оцінці якості зйомки за допомогою розглянутих показників точності і статистичних критеріїв передбачається, що у межах окремих планшетів поле рельєфу є однорідним, а серед великого числа джерел похибок нема помітно переважаючих. Неоднорідність поля рельєфу визначається суттєвими розбіжностями ухилів дна (градієнта  $g_z = \text{tg}\alpha$ ). Таким чином, оцінка повинна вестися не за всім планшетом, а за його частинами, де розкид ухилів однаковий.

Суттєві зміни в характер розподілу похибок вимірювання глибин вносяться при їх заокругленні. Тому вибірки для формування рядів (5.1), (5.7) виконують до заокруглення. Аномальні різниці ( $\Delta_i$ ,  $\delta_j$ ) досліджуються за критеріями промахів і при необхідності виключаються. Джерела аномалій повинні бути визначені. Часто аномальні різниці глибин  $\Delta_i$  виникають у точках, де є аномальні градієнти  $g_z$ .

Приведені показники якості зйомки та критерії для аналізу показників якості зйомки лежать в основі вимог національної Гідрографічної служби щодо організації та проведення зйомки рельєфу дна і які відповідають міжнародним стандартам щодо точності і якості гідрографічної інформації. У наступному розділі розглядаються інструкція і основні вимоги до підготовки та проведення гідрографічних досліджень у водах України.

## 6. ОСНОВНІ ВИМОГИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГІДРОГРАФІЧНОЇ СЛУЖБИ ЩОДО ПІДГОТОВКИ І ПРОВЕДЕННЯ ЗЙОМКИ РЕЛЬЄФУ ДНА

Для забезпечення відповідності гідрографічної інформації вимогам Міжнародних стандартів, розроблених у рамках МГО, щодо точності і якості, Гідрографічною службою України було розроблено низку нормативних документів, інструкцій і вимог, які регламентують організацію і проведення гідрографічних досліджень і вимірювань у внутрішніх водах (морські і річкові басейни) для забезпечення безпеки мореплавства і інших галузей національної економіки. Основні вимоги щодо підготовки і проведення знімальних робіт викладені у роботах [11, 12]. В [11], яку надалі будемо називати «Інструкція» наведено порядок, вимоги та особливості виконання гідрографічних робіт з метою видання та коректури за місцевістю морських навігаційних карт, керівництв та посібників для плавання. Детально викладено способи виконання зйомки рельєфу дна, ґрунтової зйомки, рівневих спостережень, геодезичних та топографічних вимірювань, а також виконання робіт з коректури за місцевістю морських навігаційних карт, керівництв та посібників для плавання. Тобто, Інструкція регламентує всі види робіт, які забезпечують якість отримуваної гідрографічної інформації, а крім того, що важливо, визначає єдині зразки оформлення робочих і звітних матеріалів. Розглянемо основні положення цієї Інструкції стосовно вимог, щодо забезпечення отримання точних і якісних даних.

### 6.1 Підготовка до зйомки рельєфу дна

Зйомка рельєфу дна – це сукупність гідрографічних робіт, що виконуються з метою отримання відомостей про рельєф дна і які дозволяють створити його картографічне зображення.

Зйомка рельєфу дна океанів і морів поділяється на три типи (національний поділ): загальну, докладну і детальну.

Загальну зйомку (тут і далі за текстом, якщо немає особливого застереження, під словом «зйомка» мається на увазі зйомка рельєфу дна), виконують для визначення загального характеру рельєфу дна Світового океану і виявлення досить великих форм рельєфу дна.

Докладну зйомку виконують в окремих районах з метою докладного вивчення великих форм рельєфу дна.

Детальну зйомку виконують в окремих районах з метою вивчення усіх характерних форм рельєфу дна детальніше і точніше.

Основні вимоги до кожного із зазначених типів зйомки наведено у табл.6.1.

Розрізняють такі способи зйомки рельєфу дна:

а) промір – виконання зйомки шляхом вимірювання глибин на галсах, розташованих один від одного на відстанях, визначених залежно від характеру рельєфу дна і глибин;

Табл. 6.1 Основні вимоги до зйомки рельєфу дна

Найменування вимог	Тип зйомки		
	Загальна	Докладна	Детальна
Спосіб зйомки	Промір	Промір, промір з інструментальною оцінкою рельєфу дна, площинне обстеження аерофотозйомкою	Промір, промір з інструментальною оцінкою рельєфу дна, площинне обстеження*
Масштаб звітної Планшета	1:500000, 1:200000	1:100000, 1:50000	1:25000, 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500
Середня квадр. похибка виправленої глибини $m_z$ , не більше	На глибинах до 30 м вкл. - 0.3 м (при аерофотозйомці - 0.4 м); на глибинах від 30 до 50 метрів вкл. - 0.5 м; на глибинах від 50 до 100 м вкл. - 1 м; на глибинах понад 100 м - 1% від вимірної глибини		
Середня квадр. похибка визначення місця $M_0$	Сотні Метрів	Десятки і сотні метрів	Одиниці і десятки метрів
Міжгалсові відстані L при промірі	Одиниці і десятки км	Сотні метрів, одиниці км	Одиниці, десятки і сотні метрів
Перекриття Р суміжних смуг	-	Під час проміру з інструментальною оцінкою рельєфу дна - не менше двох середніх квадр. похибок визначення місця $M_0$	
		Під час аерофотозйомки перекриття між знімками: - по маршруту не менше як 60% - між маршрутами - 25-30 %	При площинному обстеженні гідролокаторами і багатопроневими ехолотами: не менше двох середніх квадр. похибок визначення місця $M_0$ . При аерофотозйомці і підводній фотозйомці перекриття між знімками: по маршруту - не менше як 60 %, між маршрутами - 25-30 %
Розташування галсів зйомки (при загальній зйомці)	Перпендикулярно основному напрямку ізобат	Галси проміру і проміру з інструментальною оцінкою рельєфу дна - перпендикулярно до основного напрямку ізобат. Галси інструментальної оцінки - вздовж основного напрямку ізобат. маршрути аерофотозйомки - вздовж загального напрямку берегової лінії	
		Галси площинного обстеження багатопроневим ехолотом - під кутом 90-45° до основного напрямку ізобат. Маршрути підводної фотозйомки - довільно	
Середня квадр. похибка положення глибини $M_G$ , не більше	0.15 прийнятих міжгалсових відстаней L	Промір - 0.15 прийнятих міжгалсових відстаней L. Промір з інструментальною оцінкою рельєфу дна - 1.5 мм у масштабі планшета. Аерофотозйомка - 0.5 мм у масштабі планшета (для опорних глибин)	
		Площинне обстеження багатопроневим ехолотом і підводна фотозйомка - 1.5 мм у масштабі планшета	
Технічні засоби для отримання інформації про рельєф дна	Промірний ехолот**	Промірний ехолот, багатопроневий ехолот, гідролокатор **, аерофотознімальні апарати типу АФА	Багатопроневий ехолот **, спеціальне обладнання для підводної фото - відео зйомки
Технічні засоби для визначення місця	СНС ГЛОНАСС, GPS	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби

\* У разі потреби, крім зйомки проводять також гідрографічне тралення, а на окремих невеликих ділянках - водозазне обстеження.

\*\* Деякі типи технічних засобів для отримання інформації про рельєф дна наведено у Додатку 1 Інструкції «Основні характеристики ехолотів і гідролокаторів».

б) промір з інструментальною оцінкою рельєфу дна – це поєднання проміру з оглядом дна між галсами за допомогою гідролокаторів бокового огляду (ГБО) або багатопроменевих ехолотів з каналами випромінювання під нахилом, що зменшує можливість пропусків навігаційних небезпек між галсами проміру;

в) площинне обстеження – це виконання зйомки шляхом прокладання смуг зйомки, які взаємно перекриваються, що забезпечує одержання глибин із заданою точністю у будь-якій точці акваторії, яку обстежують. Площинне обстеження можна виконувати:

- аерофотозйомкою рельєфу дна (від урізу води до глибин природної прозорості);

- прокладанням смуг зйомки за допомогою ехотралів, які мають ряд вібраторів з каналами вертикального випромінювання, що перекриваються, або багатопроменевих ехолотів;

- підводною фотозйомкою рельєфу дна (з підводних дослідницьких або керованих апаратів).

Одночасно із зйомкою рельєфу дна або після неї має бути виконана ґрунтова зйомка, що проводиться відповідно до вимог, викладених у розділі «Морська ґрунтова зйомка». Планування, виконання та обробка матеріалів зйомок рельєфу дна і ґрунтів повинні бути тісно пов'язані між собою і з вивченням геофізичних полів.

При загальній зйомці рельєфу дна виконують такий комплекс робіт:

а) підготовку до зйомки, що включає:

- добір матеріалів щодо вивченості району з метою складання науково-технічного проекту або технічного припису;

- підготовку організаційних і робочих документів;

- рекогносцировка району зйомки;

- підготовку учасників зйомки, суден і технічних засобів;

- забезпечення зйомки плановою і висотною основами;

- розгортання засобів забезпечення і відпрацювання організації виконання зйомки;

б) виконання зйомки, що включає:

- планомірне, без пропусків, покриття району зйомки основною системою промірних галсів через визначені інтервали (міжгалсові відстані) або системою смуг площинного обстеження чи системою смуг інструментальної оцінки рельєфу дна у сполученні з галсами проміру, що виконується, або за галсами раніше виконаного проміру;

- додаткове обстеження району зйомки згущенням галсів проміру й іншими способами там, де основною системою покриття виявлено ознаки існування навігаційних небезпек або наявна складна форма рельєфу дна, яка вимагає більш детального обстеження;

- обстеження виявлених банок та інших навігаційних небезпек з метою визначення конфігурації, характеру рельєфу і ґрунту банки, а також величини і місця найменшої глибини;

- пошук і обстеження сумнівних навігаційних небезпек (показаних на картах з умовними скороченнями ПС, СС, ПД або відповідно до посібника «Умовні знаки морських карт» адм. № 902, 2001 р. – ПС, ІС, ЗД);

- складання і передачу повідомлень про виявлені навігаційні небезпеки;
- виконання рівневих спостережень;
- збір відомостей для коректури лоцій;

в) обробку матеріалів зйомки, що включає:

- перевірку й оцінку робочих матеріалів;
- обробку спостережень і обчислення координат пунктів геодезичних знімальних мереж;
- обробку рівневих спостережень;
- обробку матеріалів визначення місця і матеріалів вимірювання глибин;
- складання і редагування звітних планшетів, довідкових матеріалів і технічного звіту.

Зйомку рельєфу дна залежно від її типу слід виконувати з дотриманням вимог, зазначених у табл. 6.1.

При проведенні докладної і детальної зйомок рельєфу дна у межах шельфу на глибинах до 200 м слід керуватися технологічною схемою робіт, наведеною у табл. 6.2. Застосування іншої технологічної схеми проведення зазначених зйомок обов'язково має бути детально обґрунтованим у науково-технічному проекті.

Планування, а також технологія робіт за межами територіальних вод України регламентується спеціальними документами.

Організаційно-методичним документом, що визначає завдання, програму, склад сил і засобів, методи й організацію виконання зйомок, є науково-технічний проект, розроблений ДУ «Держгідрографія» на основі річного Плану навігаційно-гідрографічного забезпечення відповідно до вимог чинних керівних документів, що його Держгідрографія завчасно надсилає підпорядкованим їй філіям.

Організаційно-технічними документами при виконанні зйомок є технічний припис і ці Правила. Крім того, слід керуватися чинними керівними документами ДУ «Держгідрографія», визначеним чинним Переліком інструкцій, настанов, правил, посібників і вказівок, обов'язкових при виконанні комплексних робіт в океанах, морях і на річках силами ДУ «Держгідрографія».

**Заборонено** ( без поважної причини ) залишати район робіт, якщо не проведено обстеження виявлених навігаційних небезпек або відмітних глибин, допущено розриви галсів або смуг зйомки, у тому числі із суміжними планшетами і з роботами минулих років, не усунуто протиріччя у глибинах, виявлені у результаті контролю, або залишилися сумніви щодо вірогідності окремих ізобат.

**Залишення на картах існуючих і поява нових сумнівних навігаційних небезпек у районах проведення зйомки є неприпустимим<sup>1</sup>.**

Табл.6. 2 Технологічна схема гідрографічних робіт при докладній і детальній зйомках рельєфу дна

Глибини	Район зйомки	Основне покриття		Обстеження ділянок з ознаками			
		Спосіб обстеження	Технічні засоби		Спосіб обстеження	Технічні засоби	
			Для отримання інформації про рельєф дна	Для визначення Місця		Для отримання інформації про рельєф дна	Для визначення місця
Від урізу води до глибини природної прозорості	Прибережні райони	Площинне обстеження аерофото зйомкою	Аерофото знімальні апарати типу АФА	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби, фотограмметричні прилади	Площинне обстеження багатопроменим ехолотом, гідрографічне тралення, за необхідності водолазне обстеження	Багато променевий ехолот <sup>**</sup> , засоби гідрографічного тралення, спеціалізоване обладнання для підводної фото-відео зйомки	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби
Від глибини природної прозорості до 30 м	Райони, що мають важливе навігаційне значення <sup>*</sup>	Площинне обстеження	Багатопромений ехолот, засоби гідрографічного тралення	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби	Водолазне обстеження	Спеціальне обладнання для підводної фото-відео зйомки	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби
	Решта районів	Промір з інструментальною оцінкою рельєфу дна	Промірний ехолот, багатопромений ехолот, гідролокатор	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби	Згущення галсів проміру, площинне обстеження багатопроменим ехолотом, за необхідності – водолазне обстеження	Промірний ехолот, багато променевий ехолот	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби
30 – 50 м	Райони, що мають важливе навігаційне значення <sup>*</sup> і райони зі складним рельєфом дна	Промір з інструментальною оцінкою рельєфу дна	Промірний ехолот, багатопромений ехолот, гідролокатор	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби	Згущення галсів проміру (в тому числі з інструментальною оцінкою рельєфу дна), пошук найменшої глибини	Промірний ехолот, багато променевий ехолот, гідролокатор	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби
30 – 50 м	Решта районів	Промір	Промірний ехолот	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби	Згущення галсів проміру (в тому числі з інструментальною оцінкою рельєфу дна), пошук найменшої глибини	Промірний ехолот, багато променевий ехолот, гідролокатор	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби
50 – 200 м	Весь район	Промір	Промірний ехолот	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби	Згущення галсів проміру (в тому числі з інструментальною оцінкою рельєфу дна), пошук найменшої глибини	Промірний ехолот, багато променевий ехолот, гідролокатор	СНС ГЛОНАСС, GPS, зорові засоби

\* До районів, що мають важливе навігаційне значення, належать акваторії портів, гаваней, рейдів і підходи до них, фарватери, канали, системи розподілу руху суден, райони інтенсивного судноплавства з глибинами до 30 м; межі інших районів, важливих у навігаційному відношенні, визначаються науково-технічним проектом.

При виявленні нових навігаційних небезпек із глибинами над ними до 20 м керівник робіт зобов'язаний негайно доповісти по радіо (телефонограмою) і продублювати письмово на адресу начальника філії ДУ «Держгідрографія» координати небезпеки і найменшу глибину над нею.

Ознакою навігаційних небезпек вважаються глибини, що відрізняються від навколишніх глибин у бік зменшення:

- а) на глибинах від 3 до 10 м вкл. – більше ніж на 0.9 м;
- " від 10 до 20 м вкл. – більше ніж на 1.5 м;
- " від 20 до 30 м вкл. – більше ніж на 2.5 м;
- б) на глибинах понад 30 м – більше ніж на 10 % при плавному рельєфі дна;
- " - 20 % при горбкуватому рельєфі дна;
- " - 30 % при складному рельєфі дна.

Примітка. Навігаційною небезпекою у цьому випадку вважається будь-яка природна чи штучна підводна або пересихаюча перешкода (підвищення дна або об'єкт штучного походження, що знаходиться на дні) із глибинами над нею, небезпечними для плавання.

Головною геодезичною основою зйомки рельєфу дна є державна геодезична мережа (постанова Кабінету Міністрів України від 8 червня 1998 р. № 884 «Основні положення створення Державної геодезичної мережі України»).

На базі Державної геодезичної мережі додатково визначають необхідну кількість пунктів аналітичних мереж (АМ). У разі відсутності у районі робіт Державної геодезичної мережі, пункти АМ для забезпечення зйомки визначають у місцевій системі координат, або мережі АМ розвивають за допомогою супутникових навігаційних систем (СНС). Порядок виконання таких робіт детально обґрунтовують у науково-технічному проекті.

Відліковим горизонтом, до якого приводяться всі обмірювані глибини, є нуль глибин. За нуль глибин на без припливних морях, а також на припливних морях, де середня величина припливу до 50 см, беруть середній багаторічний рівень. За нуль глибин на припливних морях, де середня величина припливу дорівнює або перевищує 50 см, беруть найнижчий теоретичний рівень.

На припливних ділянках річок за нуль глибин беруть умовний похилий профіль рівневої поверхні між найнижчим теоретичним рівнем моря і нулем глибин на річці, визначеним біля верхньої межі припливної ділянки, тобто у місці, де величина припливних коливань рівня не перевищує 50 см.

Визначення нуля глибин і приведення обмірюваних глибин до встановленого нуля глибин здійснюється за даними спостережень над коливаннями рівня моря на постійних (додаткових) і тимчасових рівневих постах.

Обмірювані глибини до 200 м включно виправляють поправками на коливання рівня у випадку, коли середні величини змін рівня у районі зйомки під впливом припливних і згінно-нагінних коливань перевищують 1 % від



глибини. Глибини, що перевищують 200 м, поправками на коливання рівня не виправляють.

Усі спостереження і вимірювання при виконанні зйомок здійснюють та фіксують в усіх робочих документах за єдиним часом. При цьому використовують судновий час, або час місцевий (судновий час може співпадати з поясним або становити різницю з ним у ціле число годин).

На титульних аркушах робочих журналів слід вказувати номер часового поясу, за часом якого велися спостереження, а також поправки для переходу від цього часу до всесвітнього.

При виконанні зйомки рельєфу дна застосовують масштаби планшетів, подані у табл. 6.1.

Масштаби слід вибрати так, щоб міжгалсові відстані при промірі, як правило, були не меншими 10 мм, а при площинному обстеженні, гідрографічному траленні й інструментальній оцінці рельєфу дна – не менше як 4 мм у масштабі планшета.

У випадку, якщо в результаті більш докладної зйомки галси або смуги обстеження не можна прокласти в обраному масштабі, можливе складання планшетів більш крупного масштабу з числа поданих у табл. 6.1.

Планшети загальної і докладної зйомки складають, як правило, у нормальній рівнокутовій циліндричній проекції Меркатора до широти 82° і у поперечній рівнокутовій циліндричній проекції Меркатора на райони зйомки у більш високих широтах.

Планшети детальної зйомки можна розбивати як у проекції Меркатора, так і в поперечній рівнокутовій циліндричній проекції Гаусса. Останню проекцію можна застосовувати також при докладній зйомці для робочих планшетів.

При проектуванні зйомки необхідно враховувати нарізку існуючих і запланованих до видання карт для того, щоб район, який необхідно знімати у межах кожної карти, повністю покривався одним чи кількома планшетами.

Планшети, як правило, повинні нарізатися у стик. У разі потреби можлива нарізка з перекриттям рамок планшетів. Нарізка робочих і звітних планшетів, як правило, повинна збігатися.

Міжгалсові відстані  $L$  при площинному обстеженні ехотралами й інструментальній оцінці рельєфу дна визначають залежно від ширини смуг огляду  $\Pi$  і необхідного їх взаємного перекриття  $P$ . Міжгалсові відстані  $L$  при промірі визначають залежно від складності рельєфу дна і глибин у районі зйомки.

Частота визначення місця на галсі повинна у масштабі планшета становити 3-4 см. Налаштування апаратури для визначення місця рекомендовано використовувати з частотою 1-2 секунди. При цьому необхідно враховувати швидкість судна на галсі, глибини, що переважають, а також особливості рельєфу дна і значимість району у навігаційному чи будь-якому іншому відношенні.

Способи визначення місця повинні забезпечувати якомога вищу точність планового положення глибин і в усіх випадках середня квадратична

похибка (СКП) положення глибин  $M_T$  не повинна перевищувати значень, наведених у табл.6.1.

Визначають місце судна при виконанні зйомок, як правило, за допомогою супутникових навігаційних систем (СНС). У разі неможливості або недоцільності застосування названих вище систем, використовують зорові чи інші засоби. Вибір способів визначення місця і технічних засобів необхідно обґрунтувати у науково-технічному проекті.

Польову обробку матеріалів необхідно розпочинати у районі зйомки і завершувати на базі. Перелік матеріалів, що підлягають обробці у районі робіт, вказують у технічному приписі. При обробці особливу увагу слід приділяти аналізу зображення рельєфу дна, отриманого на звітних планшетах за матеріалами зйомки.

Усі обчислення, зазвичай, виконують на ЕОМ. Використовуючи ЕОМ, для контролю доцільно робити дублювання обчислень і вихідних даних.

Підготовку, виконання й обробку зйомки за допомогою автоматизованих систем збору й обробки гідрографічної інформації необхідно виконувати відповідно до інструкцій з використання цих систем.

## 6.2 Практичне забезпечення вимог щодо якості гідрографічної інформації на національному рівні

Таким чином, виходячи з вимог Інструкції, забезпечення якості гідрографічної інформації має кілька необхідних і достатніх складових для вирішення основної задачі Одеського району «Держгідрографії» - одержання матеріалів навігаційно-гідрографічного характеру для видання та коректури морських навігаційних карт та посібників:

- добір матеріалів щодо вивченості району з метою складання науково-технічного проекту або технічного припису;
- підготовку організаційних і робочих документів;
- рекогносцировка району зйомки;
- підготовку учасників зйомки, суден і технічних засобів;
- забезпечення зйомки плановою і висотною основами;
- розгортання засобів забезпечення і відпрацьовування організації виконання зйомки.

Тобто мається на увазі, що для більш повного та раціонального виконання комплексних гідрографічних досліджень, необхідних для видання навігаційних карт, велике значення має якісне виконання підготовчих робіт.

Отже, перед початком робіт необхідно ретельно вивчити район, в якому плануються гідрографічні дослідження, зібрати та проаналізувати наявні картографічні та текстові матеріали на цей район.

У ході вивчення району робіт слід встановити:

- ступень забезпеченості району картографічними матеріалами та їх якість;
- основні характерні риси рельєфу дна, берегів та суходолу;

- навігаційні особливості району;
- стан і характер судноплавства і узвичаєні або рекомендовані найбільш безпечні і вигідні шляхи для плавання суден.

Аналізуючи основні картографічні матеріали, необхідно з'ясувати:

- їх математичну основу (проекцію, масштаб, систему координат та нуль глибин);
- повноту, докладність, точність і достовірність відображення на них основних географічних та навігаційних елементів;
- сучасність матеріалів (рік виконання гідрографічних робіт, дату першого та останнього видання карт).

Як першоджерела вивчення району досліджень варто використати лоцманські і топографічні карти, навігаційно-гідрографічний і гідрометеорологічний нариси та керівництва для плавання, що містяться в лоціях, різні географічні атласи, описи й огляди, графічні й текстові матеріали.

Знання гідрометеорологічних умов району, у першу чергу, дозволяє правильно визначити оптимальні строки проведення гідрографічних досліджень і задовольнити умови щодо безпеки проведення цих робіт.

Як приклад, можна навести опис основних морфометричних і гідрометеорологічних характеристик зони відповідальності Одеського району «Держгідрографії».

Одеський район північно-західної частини Чорного моря охоплює прибережну акваторію, обмежену звивистою береговою лінією від Будацького лиману до мису Аджияськ. Лінія південної межі району проходить по широті  $46^{\circ}$  півночі, східна – по довготі  $31^{\circ} 20'$  сходу. Площа району становить  $550 \text{ км}^2$ , протяжність берегової лінії – 190 км. Найбільша глибина моря в досліджуваному районі – 35 м, середня – 15 м. Ізобата 10 м пролягає в середньому на відстані 1 км від берега, віддаляючись від нього у районі Кароліно-Бугаз на 5 км. Ізобата 20 м віддаляється від берега на відстань від 5 до 20 км і більше. Наймілководнішими ділянками є Одеська затока і Одеська банка, де мінімальна глибина становить 4,2 м і Дністровська банка з глибинами від 10 до 5 м. Через відносну мілководність району торговельні порти Одеський, Іллічівський та Южний мають підхідні судноплавні канали протяжністю від 2,5 до 3,5 км.

В Одеському районі здебільшого береги з м'якими і пухкими ґрунтами. Ближче до берега переважно пісок і черепашка з домішками мулу, а далі в море переважає мул. Крім того, на мілинах, а біля берега майже всюди (особливо поблизу мисів), зустрічаються камені. Також слід відзначити, що в районі Одеської затоки наявна магнітна аномалія, через що магнітне схилення тут змінюється від  $5^{\circ} \text{ W}$  до  $9^{\circ} \text{ E}$ .

Середній багаторічний рівень моря змінюється під впливом стоку річкових вод, згінно-нагінних і сейшевих коливань і на цій ділянці Чорного моря становить: в Одесі – 468 см (лоція), Іллічівську – 485 см, Білгороді-Дністровському – 490 см. (Слід відзначити, що за даними роботи [13], за період 1923 – 2005 рр., по станціям північного узбережжя, середній

багаторічний рівень Чорного становить 477 см). Найвищий рівень за весь період спостережень у цих пунктах досягав 582, 582 і 561 см відповідно, а найнижчим відповідно є 282, 372, 387 см.

Успіх і терміни виконання гідрографічних робіт багато в чому залежать від напрямку вітру. Так, в Одеському районі з жовтня по лютий переважають північні і північно-східні вітри, а з березня по вересень – південно-східні і південні. Середня швидкість вітру з жовтня по березень становить 5,7 – 6,7  $\text{мс}^{-1}$ , з березня по вересень – 4,7-5,4  $\text{мс}^{-1}$ . Сильні вітри швидкістю 15  $\text{мс}^{-1}$  і більше, переважно північного і північно-західного напрямків, спостерігаються з листопада по березень і тривають у середньому 18-21 годину, а в окремих випадках і 4-5 діб. У середньому за рік буває 38 випадків штормових вітрів. Також, з квітня по жовтень спостерігається морський бриз південного і південно-східного, а береговий – північних напрямків. Морський бриз проникає у глиб суші на 20-40 км, а береговий – поширюється в море на 8-10 км.

Основними видами течій у досліджуваному районі є вітрові (дрейфові), компенсаційні та викликані річковим стоком течії. Сумарно вони становлять частину загального кругообігу вод північно-західної частини моря. Течії мають велику мінливість у часі і просторі. Загалом швидкість їх невелика, 10-25  $\text{смс}^{-1}$ , але можуть бути і до 45  $\text{смс}^{-1}$ . У прибережній зоні наявний середній вздовж береговий потік південного напрямку. У поверхневому шарі Одеської затоки найбільшу повторюваність мають течії південного напрямку, поблизу мису Великий Фонтан – південно-західного, а районі Сухого лиману – північно-східного напрямків.

Що стосується хвилювання, то влітку воно переважно слабе. Повторюваність хвиль висотою до 1 м у літній період становить 55-75 %, а взимку зменшується до 27 %.

Середньорічна температура води у прибережній зоні Одеського району дорівнює 11,1 °С, максимальна – 28,6 °С, мінімальна – 1,3 °С, а середньорічна солоність її у цьому районі становить 16,3 ‰, і дещо вища на глибині 20 м – 18,1 ‰.

Температура води у поверхневому шарі у квітні-травні становить 13-15 °С, а в червні підвищується до 18-19 °С. На початку осені температура поверхневого шару знижується до 15-17 °С, а на кінець осені – до 6-8 °С.

У прибережній смузі Одеського району в кінці літа при згінних вітрах періодично розвивається прибережний апвелінг. Зазвичай він має локальний характер, але іноді може охоплювати і все узбережжя.

Поява льоду в Одеському районі можлива в середині грудня - на початку січня. Повне раннє замерзання спостерігається в кінці січня, а пізніше – у першій декаді березня. Але це відбувається не щороку. Більш характерними для цього району є часткове замерзання. Іноді льодоутворення в акваторії відбувається внаслідок винесення з Дніпро-Бузького та Дністровського лиманів збитого льоду. Вітер і течії сприяють просуванню в акваторії портів битого льоду, який при низьких температурах змерзається, утворюючи суцільний покрив. Скресання і очищення Одеського району від льоду

зазвичай відбувається в середині лютого (раннє – в кінці грудня, пізнє – на початку квітня). Льодовий сезон в середньому триває 41 день.

Підсумовуючи вище зазначене, можна сказати, що північно-західна частина Чорного моря й прилягаючі до неї ділянки шельфу уздовж західного узбережжя утворюють унікальний регіон, що відрізняється від інших областей численними особливостями й грає важливу роль у формуванні водних мас, циркуляції, інтенсивності обміну й інших процесів. Своєрідність північно-західного регіону визначає та обставина, що тут розташована велика материкова обмілина, обмежена з півночі, заходу й північного сходу узбережжям, з якого надходить потужний річковий стік прісних вод Дунаю, Бугу, Дністра, Дніпра й інших річок басейну. Це приводить до формування досить специфічного режиму й незвичайних структур, що не зустрічаються в інших районах моря. Особливого роду динаміка, термохалінні процеси та їх мінливість у широкому діапазоні часових і просторових масштабів визначають необхідність її урахування при проведенні гідрографічних робіт з використанням ехолотів, тобто необхідно постійно відстежувати вертикальний розподіл швидкості звуку у районі досліджень. Нижче наведені рисунки, які демонструють зміни профілю швидкості звуку протягом дня у межах району вимірювань, рис. 6.1, [14].



**Профіль швидкості звуку.Одеська затока. 1.12.11  
(11:02)**

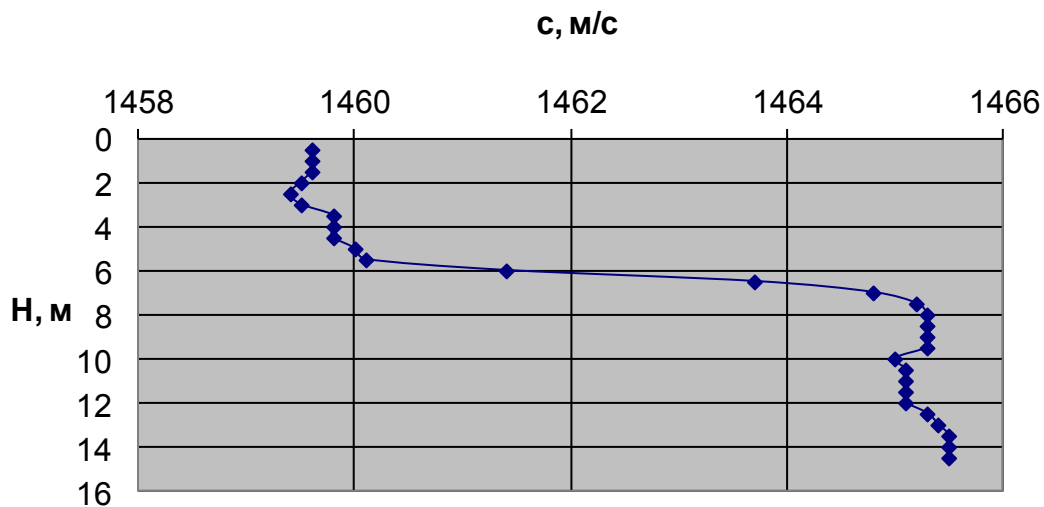


Рис. 6.1 Зміна профілю швидкості звуку за період часу менше двох годин

Таким чином, виходячи з середніх гідрометеорологічних умов Одеського району, найбільш оптимальним періодом для проведення гідрографічних робіт є червень – середина серпня, при цьому необхідно постійно відстежувати характер вертикального розподілу швидкості звуку через значну мінливість гідрологічних умов у цій акваторії.

Важливим етапом підготовки гідрографічних досліджень є рекогносцирування району робіт. Під час рекогносцирування слід узгодити графік виконання робіт з відповідними контролюючими органами та установами, відповідальними за безпеку судноплавства в районі та експлуатаційниками. Окремо узгоджуються гідрографічні роботи на акваторіях портів і портопунктів, підхідних каналах до портів, на акваторіях аванпортів та у безпосередній близькості до заборонених зон. Також потрібно узгодити порядок допуску фахівців і автотранспорту на територію цих організацій. При рекогносцируванні необхідно визначити пункти базування промірної групи під час робіт, які мають відповідати таким вимогам:

- забезпечувати безпечну стоянку плавзасобам;
- знаходитися недалеко від населених пунктів, автозаправних станцій.

Під час рекогносцирування визначають стан пунктів державної геодезичної мережі (ДГМ), реперів та марок державної нівелірної мережі (ДНМ), придатних для використання як вихідна планова основа для розвитку знімальних мереж та вихідна висотна основа для визначення пунктів у Балтійській системі висот. Крім цього, визначаються чинні (діючі) рівневі пости в районі робіт.

До початку робіт необхідно отримати координати пунктів ДГМ у НДІ геодезії і картографії та укласти договір на рівневе забезпечення гідрографічних робіт з відповідним підрозділом Гідрометцентру.

При плануванні гідрографічних досліджень бажано забезпечити виконання таких вимог:

- професійна підготовка гідрографів повинна забезпечувати підтримку відповідного рівня їх кваліфікації. На виконання цього положення експедиційний відділ Одеського району сформований з наступних фахівців, які мають спеціальну освіту: начальники промірних партій; гідрографи 1 категорії; геодезист 1 категорії; інженери 1 категорії; коректор. Усі спеціалісти відділу щорічно проходять курси підвищення кваліфікації, які організовані спеціалістами фірми-розробника сучасного гідрографічного обладнання.

- програмне забезпечення для збору і обробки даних має бути зручним для користувачів, а персонал, задіяний у роботі з ним – обізнаним з усіма його функціями. На виконання цієї вимоги в Одеському районі «Держгідрографії» обробка матеріалів зйомок виконується в програмному забезпеченні «HYPACK Max» (дані однопроменевої зйомки), спеціальному модулі «HYSWEEP» (дані багатопроменевої зйомки), в програмах Trimble Geomatics Office і Credo (дані топогеодезичної зйомки).

- засоби та обладнання для виконання гідрографічних робіт мають відповідати призначенню.

Основне обладнання та плавзасоби, що застосовуються в Одеському районі для виконання гідрографічних робіт:

1. Багатопроменевий ехолот «SeaBat 7101» - площинне обстеження;
2. Однопроменеві двочастотні ехолоти «Bathy 500DF» та „Simrad EA 400” - детальна зйомка;
3. DGPS приймачі Trimble DSM-132, DSM-232 - позиціювання при промірі.
4. GPS приймач Trimble 5700, тахеометр Sokkia Set 3130R3 – топогеодезичні роботи.

### **Використання й оцінка плавзасобів**

Великий гідрографічний катер «О. Солодунов» (див. рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 - Великий гідрографічний катер «О. Солодунов»

Катер, побудований в м. Миколаїв, по проекту „гідрографічного катера”, повністю відповідає своєму призначенню, стаціонарно обладнаний комплексом багатопроменевого ехолота „SeaBat 7101” і високоточним приймачем DGPS Trimble DSM-232.

Промірний катер „Adventure” (див. рисунок 6.3) використовуються при прибережних промірах, а так само на акваторіях портів й при спеціальних завданнях. Катер добре підходять для виконання гідрографічних досліджень на морі і річках з невеликими швидкостями течії.

Промірний катер-катамаран «Гідрограф-2» (див. рисунок 6.4) зарекомендував себе доволі надійним при експлуатації, маневреним, зручним і комфортним при гідрографічних роботах. Добре тримає хвилювання 4 бали на будь-якому галсі. Недолік – велика парусність.





Рисунок 6.3 - Промірний катер „Adventure”



Рисунок 6.4 - Промірний катер-катамаран «Гідрограф-2»

У більшості випадків терміни виконання робіт є критичним елементом у гідрографічних дослідженнях. Для задоволення цієї умови потрібні будуть достатні ресурси персоналу та обладнання. З огляду на це важливим є планування і аналіз усіх аспектів загального плану робіт, зокрема, здатність дотримуватися графіка як основного елементу.

Ключовою складовою є безпека. На особу, яка відповідає за роботу в полі, покладається відповідальність за оцінювання кожної ситуації на випадок можливих ризиків.

Про план та обсяги майбутніх робіт слід повідомляти місцеві органи влади, інспекції, начальників портів заздалегідь, щоб залишити їм достатньо часу для вжиття необхідних заходів.

Важливим фактором є якомога більша стандартизація обладнання, призначеного для виконання промірних робіт. В Одеському районі це положення забезпечується використанням сучасного прецизійного обладнання, що відповідає вимогам стандартів МГО і забезпечує необхідну точність, як відносно позиціонування, так і визначення глибин, перелік засобів в Додатку 1.

Слід також зазначити, що точність вимірювань забезпечується щорічною метрологічною атестацією приладів, які використовуються в процесі робіт та виконанням тестів і процедур відносно налаштування промірних комплексів.

### 6.3 Заходи та процедури, що забезпечують точність визначення місцеположення та вимірювання глибин згідно з вимогами МГО

В практиці робіт Одеського району «Держгідрографії» для позиціонування використовується супутникова система GPS з точністю визначення місця на галсах зйомки рельєфу дна згідно з вимогами МГО. Позиціонування при промірі здійснюється за допомогою DGPS приймача Trimble DSM-232 із прийомом диференціальних виправлень. Під час камеральної обробки вибираються глибини, які координуються не менш як за 6 супутниками.

Для забезпечення точності і якості даних проміру виконуються всі необхідні тести і процедури: визначення профілю швидкості звуку, патч-тест і тест контролю якості для БПЕС.

Всі роботи в процесі виконання проходять польовий контроль за якістю робіт (тестування). У випадку виявлення не припустимих відхилень якості польового матеріалу причини браку усуваються, а брак переробляється.

Тарування ехолотів виконується двічі на день – на початку і в кінці роботи. Для тарування використовується вимірювач швидкості звуку SVP-14 та металева плита розміром 30x50 см та вагою 4 кг на сталевому тросі діаметром 0,35 см, розміченим через 10 см. Контроль розмітки виконується двічі на рік.

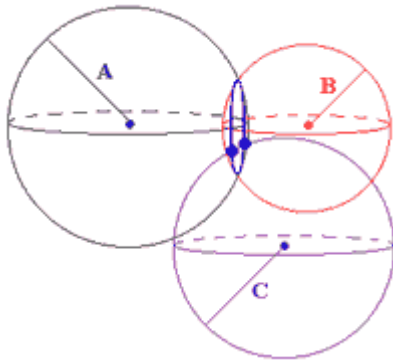
### 6.3.1 Фактори, що визначають точність визначення місцеположення при виконанні промірних робіт

Арсенал засобів і методів гідрографічного обстеження дна за останні десятиліття істотно розширився у зв'язку з появою та початком широкого використання гідролокаторів бічного огляду і багатопробеневих ехолотів. Поряд з методами обстеження дна, заснованих на вимірах глибин в точках і по лініях, все більш широке поширення набувають площинні методи обстеження дна, засновані на вимірах по смугах.

Технічні засоби і методи площинного обстеження, так само, як і традиційні, ідеальними не є. Ефективність їх застосування визначається багатьма факторами, в тому числі, умовами виконання і характером пошукових робіт, ціною і технічними характеристиками обладнання, особливостями установки і експлуатації вимірювальної техніки, швидкістю обстеження акваторії, здатністю виявляти підводні об'єкти із заданими розмірами, та іншими.

Один з важливих факторів при виконанні площинного обстеження є отримання максимально точних даних про місцезнаходження (координат). Для визначення координат використовуються GPS-системи. Глобальна навігаційна система GPS призначена для передачі навігаційних сигналів, які можуть одночасно прийматися у всіх регіонах світу.

В основі визначення координат GPS-приймача лежить обчислення відстані від нього до декількох супутників, розташувannya яких вважається відомим (ці дані знаходяться у прийнятому з GPS-супутника альманасі). У геодезії метод обчислення положення об'єкта по вимірюванню його віддаленості від точок із заданими координатами називається трilaterацією.



Якщо відома відстань А до одного супутника, то координати приймача визначити не можна (він може перебувати в будь-якій точці сфери радіусом А, описаної навколо супутника). Нехай відома віддаленість В приймача від другого супутника. У цьому випадку визначення координат також не представляється можливим - об'єкт знаходиться на колі, яке є перетином двох сфер. Відстань С до третього супутника скорочує невизначеність в координатах до двох точок (позначені двома жирними точками на рисунку - вкладинці). Цього вже достатньо для однозначного визначення координат - справа в тому, що з двох можливих точок розташування приймача лише одна знаходиться на поверхні Землі (або в безпосередній близькості від неї), а друга, помилкова, виявляється або глибоко усередині Землі, або дуже високо над її поверхнею. Таким чином, для тривимірної навігації теоретично достатньо знати відстані від приймача до 3 супутників.

Проте все не так просто. Наведені вище міркування розглядалися для випадку, коли відстані від точки спостереження до супутників були відомі з абсолютною точністю. Зрозуміло, на практиці завжди є деяка похибка вимірювань (нев'язка) наприклад, через неточну синхронізацію годин приймача і супутника, залежності швидкості розповсюдження сигналу від стану атмосфери та ін. Тому для визначення тривимірних координат GPS-приймача використовуються не 3, а, як мінімум, 4 супутника. Отримавши сигнал від 4 (або більше) супутників, GPS-приймач шукає точку перетину відповідних сфер. Якщо такої точки немає, процесор GPS-приймача починає методом послідовних наближень коригувати свої годинники до тих пір, поки не доб'ється перетину всіх сфер в одній точці.

Сучасні GPS-пристрої зазвичай оснащені 6-8 приймачами, що дозволяє відстежувати, практично, всі навігаційні супутники, що знаходяться в зоні радіовидимості об'єкта. Якщо каналів менше, ніж спостережуваних супутників, автоматично вибирається найбільш оптимальне поєднання супутників. Час виявлення залежить від числа одночасно спостережуваних супутників і режиму визначення місця розташування. Визначення навігаційних параметрів може проводитися у двох режимах 2D (двовимірному) і 3D (просторовому). У режимі 2D встановлюються широта і довгота (висота вважається відомою). При цьому необхідна присутність в зоні радіовидимості не менше 3 супутників. Час визначення координат в режимі 2D зазвичай не перевищує 2 хв. Для визначення просторових координат абонента (режим 3D) потрібно, щоб у відповідній зоні знаходилися не менше 4 супутників.

На точність обчислення координат впливає ряд факторів, що залежать від процедури їх визначення. Їх прийнято називати факторами зниження точності. Як правило, при обчисленні координат враховуються такі стандартні фактори зниження точності:

- Геометричний фактор зниження точності (GDOP) визначає ступінь впливу похибок псевдодальності (характеризує міру віддаленості користувача від GPS-супутника) на точність обчислення координат. Залежить від положення супутника щодо GPS-приймача і від зсуву показання GPS-годин. Різниця значень псевдодальності і фактичній дальності пов'язана зі зміщенням показань годин GPS-супутника і споживача, із затримками поширення та іншими помилками.

- Горизонтальний фактор зниження точності (HDOP) показує ступінь впливу точності визначення горизонталі на похибку обчислення координат.

- Фактор зниження точності визначення положення (PDOP) це безрозмірний показник, що описує, як похибка псевдодальності впливає на точність визначення координат.

- Відносний фактор зниження точності (RDOP), по суті, дорівнює фактору зниження точності, нормалізований на період 60 с.

- Часовий фактор зниження точності (TDOP) описує ступінь впливу похибки показань годинника на точність визначення координат.

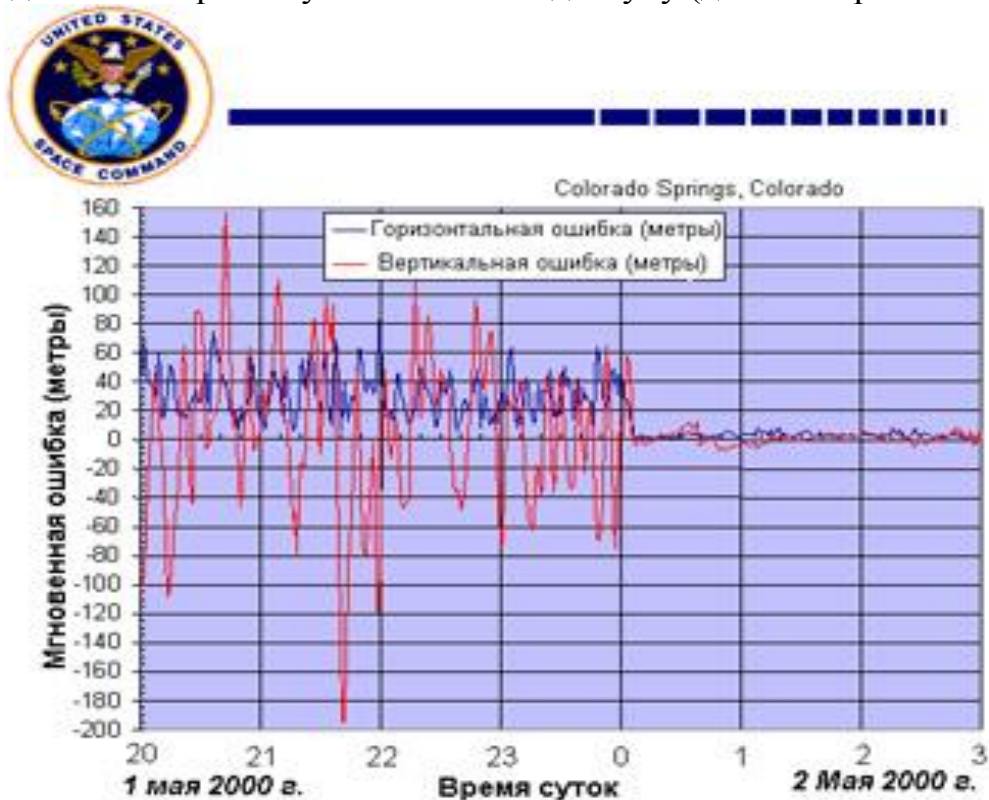


- Вертикальний фактор зниження точності (VDOP) показує ступінь впливу похибки у вертикальній площині на точність визначення координат.

Крім того, основними джерелами помилок, що впливають на точність навігаційних обчислень в GPS-системі, є:

1. Похибки, обумовлені режимом селективного доступу (Selective availability, IS / A). Використовуючи даний режим, Міністерство Оборони США навмисно знижує точність визначення місцезнаходження для цивільних осіб. У режимі S/A формуються помилки штучного походження, що вносяться в сигнал на борту GPS-супутників з метою загрублення навігаційних вимірювань. Такими помилками є невірні дані про орбіти супутника і спотворення показань його годинника за рахунок внесення додаткового псевдовипадкового сигналу. Величина середньоквадратичного відхилення через вплив цього фактора становить, приблизно, 30 м.

Ще в 1983 р президент США офіційно заявив, що GPS-система повинна бути доступна кожному. Вкрай важливим для розвитку GPS-додатків стало і рішення президента США про скасування з 1 травня 2000 року режиму селективного доступу. Тепер кожен аматорський GPS-термінал може визначати координати з точністю в кілька метрів (а не кілька десятків метрів, як раніше). На рисунку нижче, представлені помилки в навігації до і після відключення режиму селективного доступу (дані US Space Command).



2. Похибки, пов'язані з поширенням радіохвиль в іоносфері. Затримки поширення сигналів при їх проходженні через верхні шари атмосфери. Незважаючи на те, що навігаційне повідомлення, передане з борту GPS-супутника, містить параметри моделі іоносфери, компенсація фактичної затримки, в кращому випадку, становить 50%.

3. Похибки, пов'язані з поширенням радіохвиль в тропосфері. Виникають при проходженні радіохвиль через нижні шари атмосфери.

4. Ефемеридна похибка. Помилки обумовлені розбіжністю між фактичним становищем GPS-супутника і його розрахунковим положенням, яке встановлюється за даними навігаційного сигналу, що передається з борту супутника.

5. Похибка догляду шкали часу супутника викликана розбіжністю шкал часу різних супутників. Усувається за допомогою наземних станцій спостереження або за рахунок компенсації догляду шкали часу в диференціальному режимі визначення місця розташування.

6. Похибка визначення відстані до супутника є статистичним показником. Він обчислюється для конкретного супутника і заданого інтервалу часу. Помилка не корельована з іншими видами похибок.

Слід зазначити, що точність визначення координат пов'язана не тільки з прецизійним розрахунком відстані від GPS-приймача до супутників, а й з величиною похибки завдання місця розташування самих супутників. Для контролю орбіт і координат супутників і призначені наземні станції стеження, системи зв'язку і центр управління, що підкоряються Міністерству Оборони США. Станції стеження постійно ведуть спостереження за всіма супутниками GPS-системи і передають дані про їх орбіти в центр управління, де обчислюються уточнені елементи траєкторій і поправки супутникових годин. Зазначені параметри вносяться в альманахи і передаються на супутники, а ті, в свою чергу, відсилають цю інформацію всім працюючим GPS-приймачам. Крім того, існує ще безліч спеціальних систем, що збільшують точність навігації. Наприклад, особливі схеми обробки сигналу знижують помилки від інтерференції (взаємодії прямого супутникового сигналу з відбитим сигналом, наприклад, від будівель).

Збільшення точності і надійності навігаційних систем може здійснюватися за рахунок додаткової інформації, яка використовується в розрахунку місцерозташування. У багатьох випадках додаткові навігаційні датчики використовують абсолютно інші принципи отримання інформації, і це не обов'язково обчислення впливу помилок або перешкод.

**RTK** (англ. *Real Time Kinematic* - дослівно "кінематика реального часу") - сукупність прийомів і методів отримання планових координат і висот точок місцевості сантиметрової точності за допомогою отримання поправок з базової станції, що приймаються апаратурою користувача під час зйомки.

Для цього використовуються виміри фаз GNSS -сигналів L1, що несе, і L2 одночасно на двох GNSS -приймачах. Координати одного з приймачів (базового) мають бути точно визначені (наприклад, він може бути встановлений в пункті державної геодезичної мережі); він передає по каналу зв'язку (радіомодем, стільниковий модем, мережа Інтернет та ін.) набір даних, званих поправками. Другий приймач може скористатися цими даними для точного визначення місця розташування на відстанях порядку до 30 км від базового приймача.

Поправки можуть передаватися у форматі RTCM SC - 104 (коди повідомлень 3, 18-21, 32, 1003-1008), CMR і CMR+, RTCA, АТОМ. Необхідна швидкість передачі - 2400 біт/з і більше, затримка передачі - не більше 0.5 – 2 секунд. Для звичайного DGPS досить було швидкостей 200 біт/з і затримок до 10 сек. Починаючи з версії 3.0 стандарт RTCM SC - 104 включає можливість передачі RTK -поправок для системи ГЛОНАСС.

### Принцип роботи

Основною перевагою режиму є можливість точної обробки сигналу в реальному часі. Існує декілька видів використання навігаційних поправок : постпроцесинг, DGPS, і, власне, RTK. Розрізняються вони точністю отриманих вимірів, і часом, витраченим на їх отримання.

Так, режим постобробки (постпроцесинг, апостеріорна обробка даних), дозволяє добитися найбільшої точності (у субсантиметрових межах), але вимагає значного часу на збір і обробку даних. У режимі DGPS часу витрачається істотно менше - фактично, роботи можуть проводитися в реальному часі. Проте точність поправок DGPS лежить в межах метра. Режим RTK дозволяє отримувати поправки в реальному часі, з точністю близько 1 см в плані і 2 по висоті.

При передачі радіосигналу з супутника, він піддається різним спотворенням. Виділяють три головні причини спотворення сигналу : це атмосферні неоднорідності, перешкоди від стаціонарних і рухливих об'єктів, а також переотраження сигналу. Сама по собі супутникова угруповання ГЛОНАСС, GPS, або, в недалекому майбутньому, Beidou, здатна визначити будь-яке місце на поверхні Землі з міліметровою точністю. Проте коли сигнал досягає поверхні, із-за спотворень визначається вже не точка в декілька міліметрів, а пляма від 5 до 100 метрів (залежно від широти, кількості видимих супутників і інших умов). Спотворення можуть знівелювати за допомогою наземної інфраструктури - спеціальних апаратно-програмних комплексів, традиційно звані ГНСС-устаткуванням.

Інфраструктура є мережею з декількох (2-7) базових станцій, що обмінюються потоками даних за допомогою спеціалізованого ПО. Отриманий станцією супутниковий сигнал обробляється ПО відповідно до програмних алгоритмів і накопиченої статистики супутникових ефемерид, після чого на базову станцію передається диференціальна поправка, що уточнює супутниковий сигнал. Уточнений сигнал, у свою чергу, поступає на приймальний пристрій (так званий "ровер"), і геодезист отримує координати, точність яких лежить в сантиметрових або субсантиметрових межах.

### Недоліки

GPS - RTK може не працювати, або працювати практично також повільно як DGPS, у разі видимості менш ніж 5 супутників.

**DGPS** (англ. *differential global positioning system*) - система підвищення точності сигналів GPS, що полягає в обліку і вимірі різниці між відомими псевдодальностями до супутників і фактичними кодовими

*псевдодальностями. При цьому компенсуються як атмосферні спотворення, так і ефемеридні помилки. Основні джерела сигналів DGPS :*

- радіонавігаційні маяки;
- спутники на геостаціонарній орбіті.

Радіомаяки передають сигнали DGPS на середніх частотах в діапазоні 283,5-325 кГц. Оскільки радіосигнали на цих частотах відбиваються від земної поверхні, горбиста і гірська місцевість зазвичай не впливає на прийом сигналу. Проте сигнали не доходять до глибоких каньйонів, розташованих далеко від радіомаяків.

#### Призначення

Точність визначення місця розташування за допомогою GPS зазвичай складає від 5 до 30 метрів. Цього недостатньо для проведення вимірювальних робіт. Система DGPS призначена для підвищення точності визначення координат.

- GPS -приемники:
- отримують сигнали GPS з супутників;
- отримують сигнали DGPS від радіомаяків або з супутників;
- використовують поправки DGPS для корекції координат GPS.

***EGNOS** (англ. *European Geostationary Navigation Overlay Service*) - європейська геостаціонарна служба навігаційного покриття. EGNOS призначена для поліпшення роботи систем GPS, ГЛОНАСС і Galileo на території Європи і є аналогом американської системи WAAS. Зона дії EGNOS охоплює усю Європу, північ Африки і невелику європейську частину Росії. Так само, як і WAAS, система складається з мережі наземних станцій, головної станції, яка акумулює інформацію від супутників GPS, ГЛОНАСС і Galileo, і геостаціонарних супутників EGNOS, через які ця інформація транслюється на GPS -приемники, що підтримують прийом диференційованих поправок.*

#### Склад і працездатність EGNOS

Система EGNOS включає 3 геостаціонарні супутники, що належать двом компаніям Artemis і Inmarsat, кожна з яких має свою незалежну мережу наземних станцій.

Першій компанії належить супутник під номером - 124, другий - супутники під номерами 120 і 126. Номери відповідають GPS -приемникам компанії Garmin.

До недавнього часу система EGNOS функціонувала в тестовому режимі, і це визначає часткову нестабільність її роботи, невідповідність передаваних даних заявленої специфікації і проблеми у використанні сигналів навігаційною апаратурою. Проте, більшість часу система дійсно виконувала свої функції для Європи.

1 жовтня 2009 року віце-президент Європейської Комісії з транспортної політики анонсував офіційний старт служби EGNOS.



## EGNOS і Україна

На усій території України (за винятком найсхідніших областей) прийом сигналів супутників EGNOS можливий навіть простими побутовими приймачами. Оскільки система EGNOS доки не має наземних станцій на Україні, практична користь варіює від великої (Карпати) до ніякої (Донецька, Луганська області).

Система EGNOS протестована у взаємодії з покращуючою системою України. Інформація для формування поправок передавалася з RIMS Харкова в Норвегію за допомогою супутникового каналу.

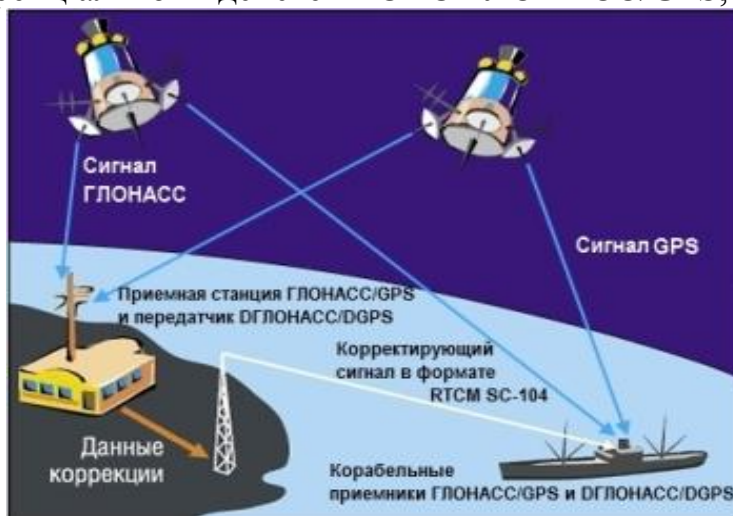
### ККС

Використання морських диференціальних підсистем СНС з метою підвищення їх точностних характеристик відповідно до Резолюцій ІМО, зокрема А.815(19) визнано обов'язковим для навігаційного забезпечення судів в цілях безпеки їх плавання на підходах до портів, в узкостях і в районах з обмеженою свободою маневрування.

Доцільність розгортання мережі станцій морської диференціальної підсистеми СНС ГЛОНАСС/GPS, що контрольний-коригують, визначається необхідністю створення надійного навігаційного засобу забезпечення безпеки плавання судів, їх ефективної експлуатації, а також запобігання екологічним лихам на акваторіях з інтенсивним судноплаванням, на підходах до портів, в портових водах і в узкостях, де свобода маневрування обмежена.

Мережа станцій, що контрольний-коригують, є базовим технічним засобом, що забезпечує високоточну координатно-тимчасову інформацію про місце розташування судів в прибережній акваторії і організовується в тих районах, де інтенсивність руху судів і існуюче навігаційно-гідрографічне забезпечення вимагають підвищення рівня безпеки плавання судів з метою захисту довкілля, а також скорочення простоїв судів і досягнення ритмічності роботи флоту.

Пояснення роботи контрольнокоригуючої станції (ККС) морської диференціальної підсистеми СНС ГЛОНАСС/GPS, приведені нижче.

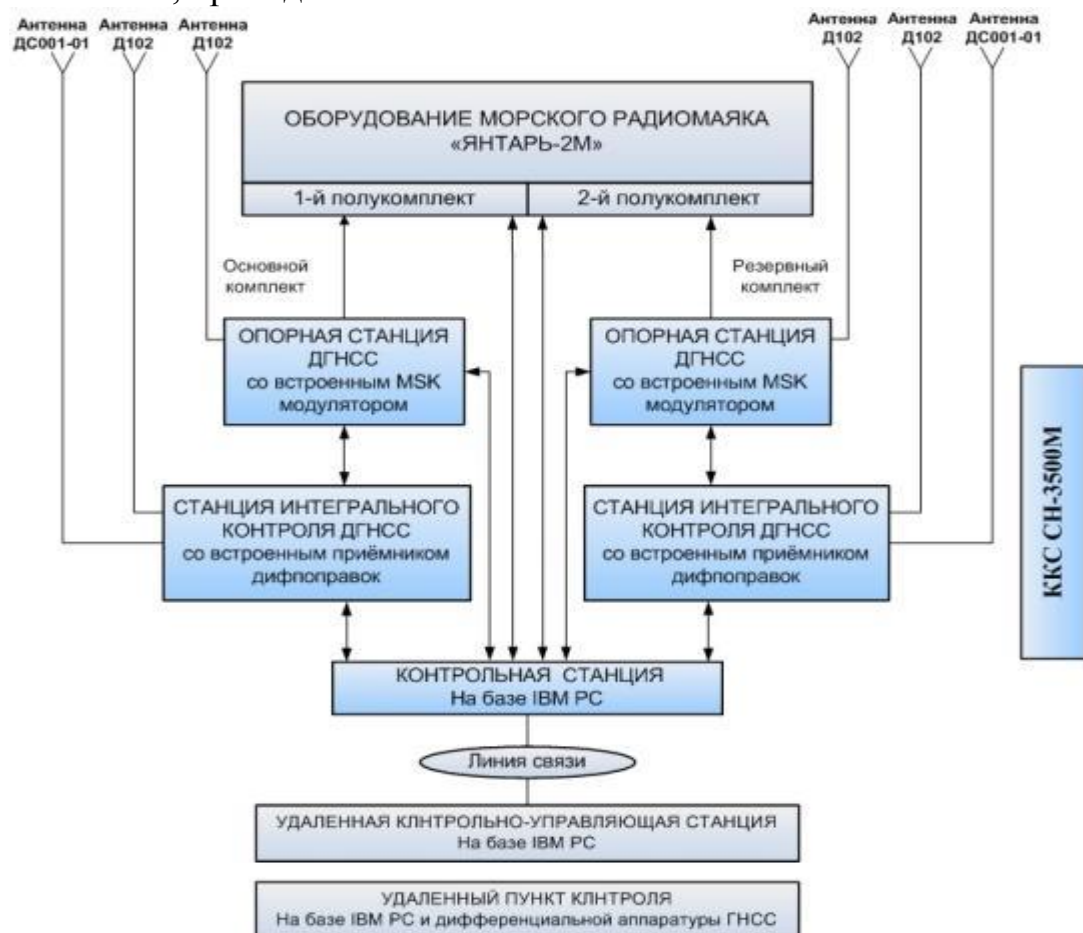


Пояснення роботи контрольнокоригуючої станції морської диференціальної підсистеми СНС ГЛОНАСС/GPS

Приймальна станція забезпечує прийом сигналів від усіх навігаційних космічних апаратів (НКА) СНС ГЛОНАСС/GPS, що знаходяться в зоні радіовидимості антени. Потім, використовуючи відомі точні координати місця розташування приймальної антени опорної станції, формує і передає на радіомаяк диференціальні поправки до вимірних псевдодальностей відносно кожного супутника у вигляді стандартних повідомлень у форматі RTCM SC - 104. Додатково до складу повідомлень включена оперативна інформація про можливі порушення у функціонуванні устаткування диференціальної підсистеми і НКА СНС ГЛОНАСС, GPS. Радіомаяк ККС передає сформовані поправки і оперативну інформацію у вигляді сигналу DGPS і ДГЛОНАСС, що коригує, в ефір. Суднові навігаційні приймачі, приймаючи одночасно сигнали СНС ГЛОНАСС, GPS і сигнали радіомаяка, що містять диференціальні поправки, визначають місце розташування судна з погрішністю, що не перевищує одиниці метрів.

Опис функціональної схеми станції

Структурна схема станції диференціальної підсистеми ГНСС ГЛОНАСС/GPS, приведена нижче.



Структурна схема контрольнокоригуючої станції диференціальної підсистеми ГНСС ГЛОНАСС/GPS

Опорна станція ДГНСС СН - 3501 (ОС) приймає сигнали НКА СНС ГЛОНАСС і GPS, робить вироблення дифпоправок і передає повідомлення в радіолінію радіомаяка.

Станція інтегрального контролю ДГНСС СН - 3502 (СИК) приймає сигнали НКА СНС ГЛОНАСС і GPS, а також дифпоправки від радіомаяка і перевіряє знаходження дифпоправок в допустимих межах.

СИК постійно передає в ОС інформацію про результати контролю функціонування ОС і вироблення дифпоправок. При виході інформації, що коригує, за допустимі межі виробляється сигнал тривоги. Найбільш важливим є сигнал тривоги, що формується при відхиленні координат, які визначила СИК, від опорних координат зверху допустимої межі.

Контрольна станція СН-3500МКА (КС) приймає інформацію про роботу системи, локалізує місця збоїв і відмов і виробляє відповідні дії, що коригують. КС управляє установкою і зміною параметрів устаткування, збирає інформацію про роботу ККС.

Для організації локального диференціального режиму поза зоною дії ККС (застосовується для високоточного навігаційного забезпечення локальних морських робіт, промірних і днопоглиблювальних робіт, лоцманської проводки судів, екологічного моніторингу) був розроблений і серійно виготовлявся комплект устаткування локальної дифподсистеми у складі апаратури СН - 3022 (прилад вироблення диференціальних поправок ГЛОНАСС\GPS - базова станція), СН - 3002 (навігаційний ГЛОНАСС\GPS прийомоіндикатор - мобільна станція) і комплекту радіомодемів.

За допомогою цього комплекту досягається точність визначення координат в межах 2 - 5 м на відстані 10 - 20 км від місця установки базової станції - СН-3022.

Перший комплект устаткування ККС був встановлений в Новоросійську в 2000 році.

У жовтні 2001 року ГП "Оризон-навігація", в співпраці з колективами Керченського морського порту і Держгідрографії, була введена в експлуатацію перша в Україні станція (ККС) морської диференціальної підсистеми ГНСС ГЛОНАСС/GPS СН-3500М.

Контрольно-корегуюча Станція СН-3500М, розроблена ГП "Оризон-навігація" (Україна) в тісній співпраці з Конструкторським бюро навігаційних систем ЗАТ "КБ Навис" (Російська Федерація). Стратегічне партнерство двох провідних підприємств СНД в області супутникової навігації дозволило створити устаткування, безперечні переваги якого :

- робота по двох системах ГЛОНАСС/GPS;
- відносно невелика вартість;

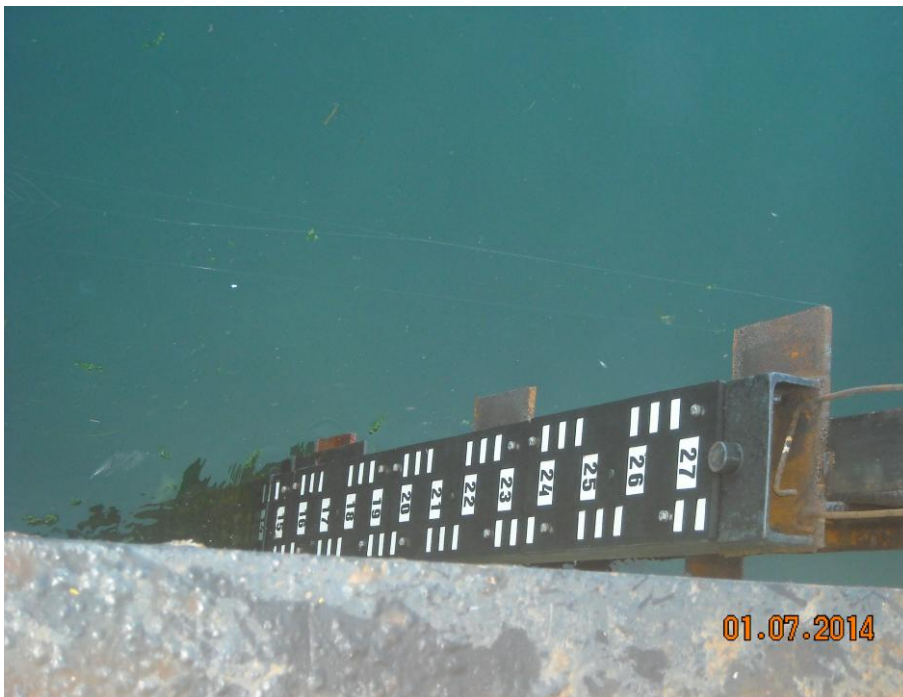
Резюмуючи інформацію, викладену у даному підрозділі, необхідно відзначити необхідність контролю та періодичної перевірки систем позиціонування. Один з способів контролю - це проходження через точки з відомими координатами з подальшим аналізом отриманих даних.

### 6.3.2 Фактори, що впливають на точність визначення глибин

Останнім часом спостерігається стрибок у розвитку гідрографічного та геодезичного обладнання, інноваційні технології закріпилися в даній галузі та з кожним днем удосконалюються, методи збору інформації та обробки еволюціонують і виводять промірні роботи на якісно новий рівень. Однак на тлі всієї модернізації є один момент, який може «звести нанівець» наші старання щодо поліпшення якості гідрографічних досліджень ... Мова піде про спостереження за рівнями води.

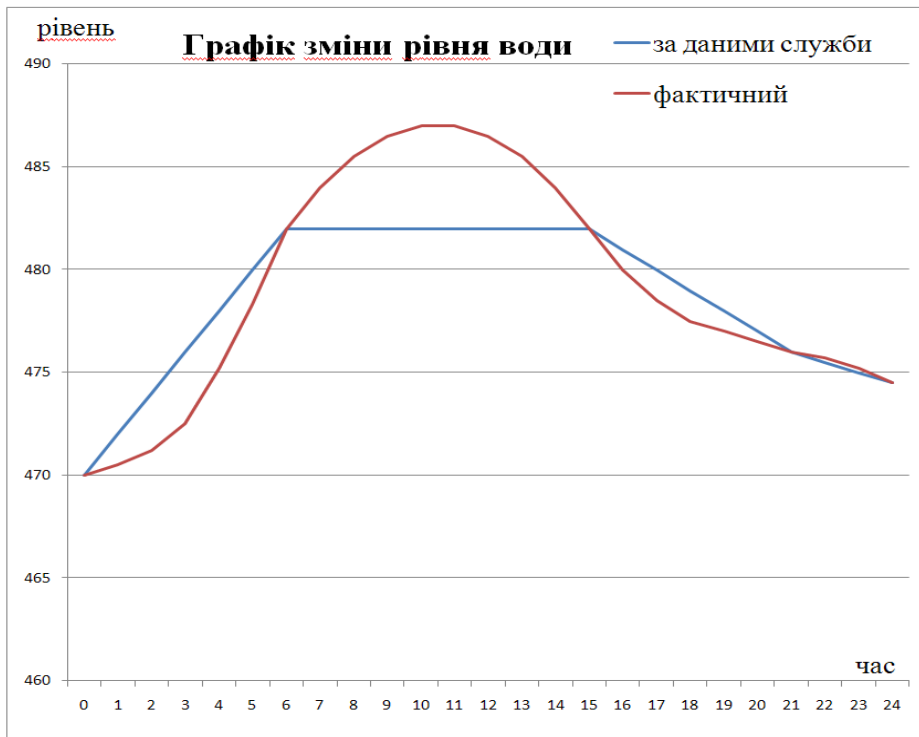
Прибережні спостереження за змінами рівня моря ведуться на спеціально обладнаних уривках постах. По пристрою розрізняють рейкові, пальові, свайно-рейкові пости, а також рівень пости з установкою різного типу самописців рівня моря - мареографів (прилади для безперервної реєстрації рівня моря). Водомірний пост складається із пристрою для спостережень рівня моря та нівелірних реперів. На всіх постах, як правило, закладається два нівелірних репера: основний і робочий. Основний репер служить для закріплення на місцевості на довготривалий термін результатів спостережень за рівнем моря та висотного положення нуля глибин. Робочий репер служить для періодичного контролю висотного положення водомірної рейки та нуля водомірного поста.

Робочий репер закладається на всіх водомірних постах поблизу водомірної рейки з таким розрахунком, щоб нівелювання поста можна було



виконувати із одної установки нівеліра. Найбільш простим приладом для вимірювання рівня моря є уривковий рейка. Вони бувають постійні (футшток) і переносні, встановлювані в момент вимірювань на спеціально

підготовлені палі. Однак при всьому своєму широкому поширенні

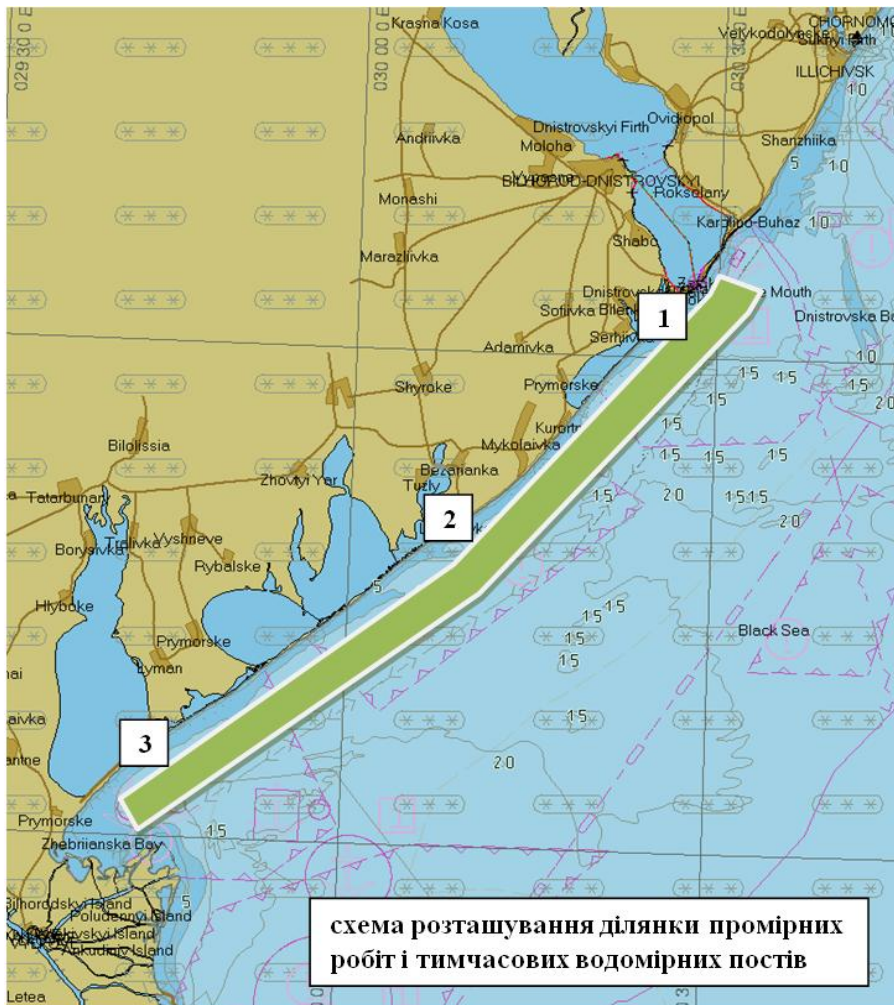


вимірювання за допомогою рівневих рейок не позбавлені випадкових і систематичних помилок, особливо при хвилюванні. На стаціонарних рівневих постах відліки по рівневої рейці виробляють два, три або чотири

рази на добу. На графіку зміни рівня води протягом доби наведено приклад відмінності кривих, побудованих за даними з різною періодичністю спостережень. На графіку видно, що між даними, поданими гідрометслужбою, можливі суттєві коливання рівня води. Так само ділянки промірних робіт як правило знаходяться на значній відстані від стаціонарних гідрологічних постів. Зміни рівня моря відрізняються широким амплітудно-частотним спектром. Різні складові варіацій рівня, включаючи і міжрічну мінливість, обумовлені різними фізичними процесами. Тому виміру рівня в прибережній зоні і на відкритій акваторії морів вимагають спеціально організованих систематичних вимірювань. У зв'язку з цим з'являється необхідність створення тимчасових водомірних постів, з використанням сучасних засобів збору та зберігання інформації, на період гідрографічних робіт. Розглянемо приклад створення власної мережі водомірних постів з метою підвищення інформування і забезпечення гідрографічних підрозділів даними про зміну рівнів води на ділянці вишукувань. Водомірні пости 1,2 та 3 забезпечуються геодезичними реперами з відомою абсолютною висотою. Прив'язка постів ведеться по відношенню до цих реперів. В свою чергу здійснюється прив'язка реперів до державної геодезичної мережі. Вибір датчика для урівненого поста цілком залежить від місцевих умов, цілей і завдань проведених спостережень. В якості реєстратора рівня води розглянемо високоточний мареограф miniTIDE (вимірює рівень води шляхом



реєстрації змін гідростатичного тиску, базуються на використанні пружної деформації чутливого елемента під дією гідростатичного тиску).



Прилад розрахований на розгортання в прибережних зонах, може встановлюватися як на морське дно (дно водойми), так і на мертвий якір. Тривалість роботи в автономному режимі, при 40 секундної вибірці кожні 10 хвилин, в залежності від типу батареї - лужний або літєвої, 30 або 80 діб відповідно. Таким чином, установка

тимчасових водомірних постів з використанням сучасних засобів при спостереженні за змінами рівнів води, фактично знімає проблему недостатчі даних на ділянках промірних робіт.

### 6.3.3 Процедури і тести, що визначають точність і якість гідрографічної інформації при виконанні промірних робіт ехолотними системами

Як вказувалося вище, похибки у визначенні глибини можна поділити на три категорії: великі (грубі помилки), систематичні та випадкові.

Грубі помилки згідно з термінологією – це помилки, допущені машинами; вони спричинені дефектом механічного або електронного обладнання.

Систематичні помилки – це, переважним чином, результат стійкої помилки (постійні помилки) або відхилень (помилки, які змінюються залежно від умов) у зчитуванні руху гідрографічного судна, зміщенні випромінювача та інших відхилень у позиціюванні випромінювача при його

монтажі. Такі помилки легко виправити за умови визначення ступеня серйозності систематичної помилки. Цю категорію помилок можна визначити і усунути під час перевірки системи.

Після усунення грубих та систематичних помилок у даних про глибини залишаються лише випадкові помилки, які аналізуються за допомогою статистичних способів, про що вказувалося у розділі 5.2.

Гідрографи повинні знати ті джерела, які спричиняють помилки у показниках глибини і вплив кожного з них.

Багатопроменевий ехолот – це цінний прецизійний прилад для визначення глибини там, де необхідне повне покриття донної поверхні. Ця система може забезпечувати повну інсоніфікацію (освещенність) донної поверхні з подальшим збільшенням роздільності та здатності розпізнавання об'єктів.

Принцип роботи. Принцип роботи, що базується на багатопроменевості, у цілому, ґрунтується на віялоподібному передаванні імпульсу, спрямованого на донну поверхню, а потім відбитті акустичної енергії від донної поверхні; кілька променів формуються електронно з використанням методів обробки сигналів з відомими променевими кутами. Час проходження від передавання до прийняття обчислюється алгоритмами розпізнавання донної поверхні. Застосовуючи трасування променю можна визначити глибину та трансверсальну відстань до центра інсоніфікованої зони.

Промінь, який передається, є широким поперек траси та вузьким уздовж неї; і навпаки, промені, які формуються під час прийняття, є вузькими поперек траси та широкими вздовж неї. Перетинання цих променів на плані донної поверхні є тими відбитками (інсоніфіковані райони), для яких здійснюється вимірювання глибини.

Оскільки глибини вимірюються з плавучої платформи (судна) з шістьма можливими ступенями свободи, для точного обчислення значення глибини та пов'язаного з нею позиціювання необхідні точне значення широти, довготи, вертикальної, бортової, кільової хитавиці та курсу.

Розпізнавання дна є процесом, що використовується в ехолотах для визначення часу прибуття та амплітуди акустичного сигналу, який є відбиттям від донної морської поверхні. Від надійності цього процесу залежить якість вимірювання. Помилки у значеннях вимірної глибини можуть, разом з іншими коефіцієнтами, пов'язуватися з незадовільною дією алгоритмів, які використовуються для розпізнавання на поверхні морського дна. Алгоритми розпізнавання можна поділити на дві основні категорії: алгоритми амплітудного розпізнавання та алгоритми фазового розпізнавання.

Амплітудне розпізнавання. Матриця випромінювача емітує акустичний імпульс у напрямку донної поверхні, а потім починається період прослуховування. У цій фазі зворотний сигнал перевіряється в часі кожним кутом променя. Час проходження сигналу для відповідної глибини визначається розпізнаною амплітудою відбитого сигналу рис. 6.5.

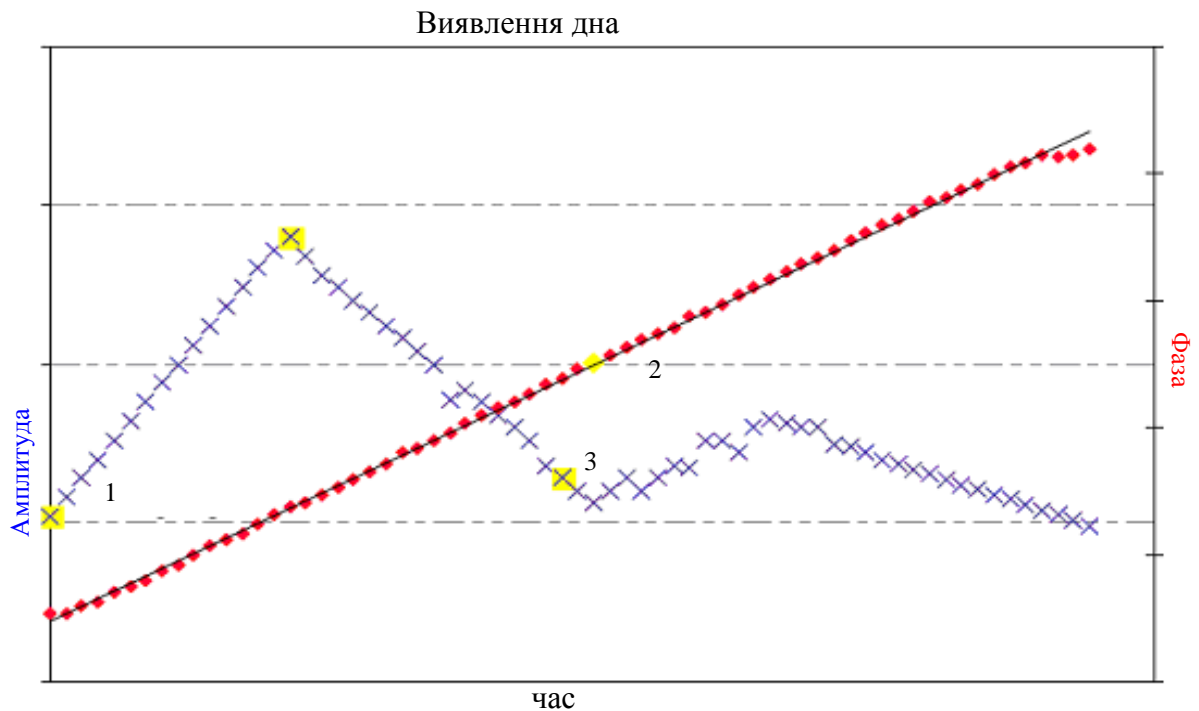


Рис. 6.5 Методи розпізнавання донної поверхні (розпізнавання сигналу)  
 1 – передній фронт відбитого сигналу; 2 – фаза переходу через нуль;  
 3 – центр маси відбитого сигналу

Найбільш поширеним методом визначення амплітуди є такий:

I) Провідна напрямна відбитого сигналу. Цей метод, зазвичай, використовують тоді, коли кут падіння акустичного сигналу на донну поверхню приблизно дорівнює нулю. Час розпізнавання донної поверхні визначається як перше попадання всередину променевого кута. Із збільшенням кута падіння зворотний сигнал чітко окреслену форму (короткий час нарощування) і метод провідної напрямної втрачає свою ефективність. Можна користуватися двома іншими методами, які спираються на різницю у силі зразків зворотного сигналу на відбиток променя.

II) Максимальна амплітуда відбитого сигналу. Донна поверхня розпізнається завдяки часу максимальної амплітуди зворотного розсіювання.

III) Центр маси відбитого сигналу. Цей метод полягає у визначенні часу, який дорівнює центру тяжіння амплітудного сигналу.

Визначення фази. Визначення амплітуди – це техніка, що використовується для внутрішніх променів (близько до надиру), де амплітуда зворотного розсіювання має більші величини та меншу кількість замірів. Для зовнішніх променів амплітуда зворотного розсіювання збільшується, і кількість замірів стає дуже великою. Як наслідок, луна стає такою невиразною у часі, що методи виявлення амплітуди дають неякісні результати. Проти морського дна з нахилом у поперечному напрямку від джерела, «змазування» луни ще більше посилюється. Отже, метод фазового виявлення широко використовується для великих кутів падіння. У цій техніці матриця випромінювача для кожного променя поділена на дві під матриці,



які часто накладаються одна на одну, з центрами під матриць, віддаленими на кілька довжин хвиль. Кутові напрямки попередньо визначені і кожна під матриця формує промінь у цьому напрямку. У цьому випадку маємо вигоду від надходження одночасного відлуння з різних напрямків. Система БПЕ вирізняє лише відлуння у напрямку сформованого променя. Потім послідовність оцінених фазових різниць використовується для оцінювання часу надходження луни у попередньо визначеному напрямку шляхом знаходження нуля, що перетинає фазову послідовність. На рис.6.6 показано приклад методу фазового виявлення.

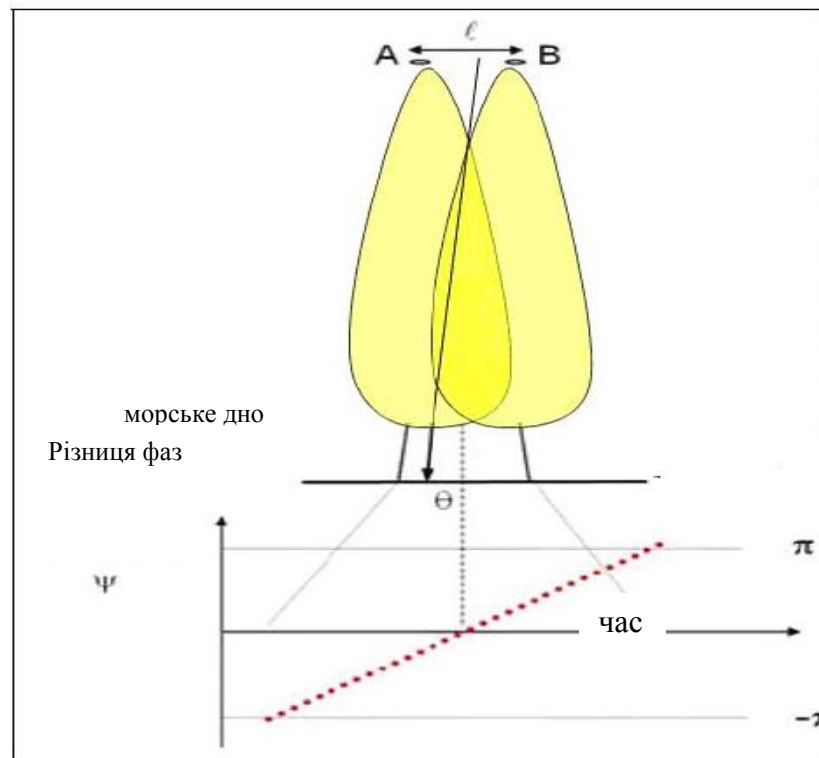


Рис. 6.6 Методи виявлення дна за різницею фаз  
(фаза перетинання нуля)

Еквіваленти центра двох підматриць представлено як  $A$  і  $B$  на відстані  $l$  один від одного, де  $\theta$  – це кут отриманого сигналу, виміряний з акустичної осі. Поліном другого порядку може бути включеним до обмеженої послідовності оцінок диференційної фази для покращення виявлення фази, що проходить через нуль. Коли повернення сигналу відбувається з напрямку акустичної осі, тобто  $\theta = 0$ , сигнали у двох під матрицях знаходяться у фазі, і це відповідає часу проходження акустичного сигналу.

Уздовж смуги зазвичай необхідно поєднувати виявлення амплітуди і фази для чіткого виявлення дна. Біля надирів виявлення амплітуди має використовуватися через той факт, що часова серія для цих променів є дуже короткою для правильного виявлення фази. Виявлення амплітуди також використовується у разі крутих схилів, що мають місце поза надиром, пов'язаних з батиметричними висотами, за винятком надзвичайного випадку, коли морське дно круто йде під ухил від передавача. Виявлення фази для

променів надирра, скоріше за все, є результатом грубої помилки внаслідок повернення сигналів від водного стовпа або через більш високі повернення сигналів з бокових пелюсток. Ненадирні виявлення краще робити за фазою, але можна обрати виявлення амплітуди, коли більш високе повернення сигналу спричинено відображувальними якостями об'єкта, ближнім дзеркальним відображенням або великими коливаннями кривої. Ці умови можуть мати місце у випадку з уламками і валунами.

Точність. Вимірювання діапазону та кута променю для багатопробеневиx систем є більш складним, ніж для однопробеневиx ехолотів. Відповідно, існує ціла низка факторів, що впливають на помилку в цих вимірюваннях, зокрема: кут променя, кут падіння на морське дно, ширина променів передавання та прийому, точність положення та підйому, алгоритми виявлення дна та мінливість профілю швидкості звуку. Зазвичай необхідно обрахувати загальну помилку, спираючись на ці фактори.

Роздільня. Багатопробеневи системи зі своєю здатністю повної інсоніфікації морського дна сприяють кращому відображенню морського дна і при порівнянні з однопробеневиx ехолотами – кращій роздільності карт. Однак, коли справа стосується вимірювань глибини, роздільність залежатиме від акустичної частоти, ширини променів передавання і прийому та від алгоритму, що застосовується для виявлення морського дна.

Роздільність у вимірюванні глибини є функцією довжини імпульсу і габаритів зони, що промірюється. Зона, промірювана БПЕ біля нормального падіння, є відносно малою, а отже роздільність вища, ніж у однопробеневого ехолота.

Серед факторів, що впливають на якість даних, є якість приладів, що включені у склад багатопробеневої системи. Конструкція прийому – передавача, у якому промінь формується електронним способом, повинна бути обрана з урахуванням завдань зйомки. Детектування дна багатопробеневою системою дає три типи інформації:

- кут променя проходження акустичного імпульсу відносно прийому – передавача;
- час проходження сигналу до дна і назад;
- часові серії інтенсивності сигналу, відбитого від дна.

Ці три типи інформації повинні бути сполучені з даними від інших датчиків для отримання даних про глибини (тобто X-Y-Z) відносно обраної системи координат. Більшість багатопробеневиx систем здатні надавати одночасно сонограму – тобто знімок, складений з даних за окремими променями.

Багатопробеневи системи, окрім власне ехолота, включають до свого складу допоміжні сенсори та датчики, приклад такої системи розглядається у розділі 7.

## 7 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ГІДРОГРАФІЧНИХ РОБІТ

### **Склад БПЕС, установленної на БГК «О. Солодунов»**

- БПЕС SeaBat-7101;
- Гірокомпас і датчик руху OCTANS (IxSea, Франція);
- DGPS-приймач Trimble DSM-232 (Trimble Inc, США);
- Вимірювач швидкості звуку SVP-14 (Reson, Данія);
- Робоча станція (ПК із двома моніторами і платою розширення для підключення датчиків і устаткування);
- Програмне забезпечення HYDRACK Max, HYSWEEP з апаратним ключем.

### **Склад комплексу на основі ОПЕ:**

- Промірний ехолот „Bathy 500DF”;
- DGPS приймач Trimble DSM-132, DSM-232;
- ПК Notebook «Panasonic CF-30»;
- Програмне забезпечення HYDRACK Max з апаратним ключем;
- Радіостанція УКВ “Standart Gorizont”
- Устаткування для тарування ехолота (трос металевий довжиною 50м., діаметр 0,35мм на лебідці, розмічений через 10 см), тарувальна тарілка;
- Лот;
- Катер „Adventure”;

### **Склад комплексу на основі ОПЕ на катамарані «Гідрограф-2»**

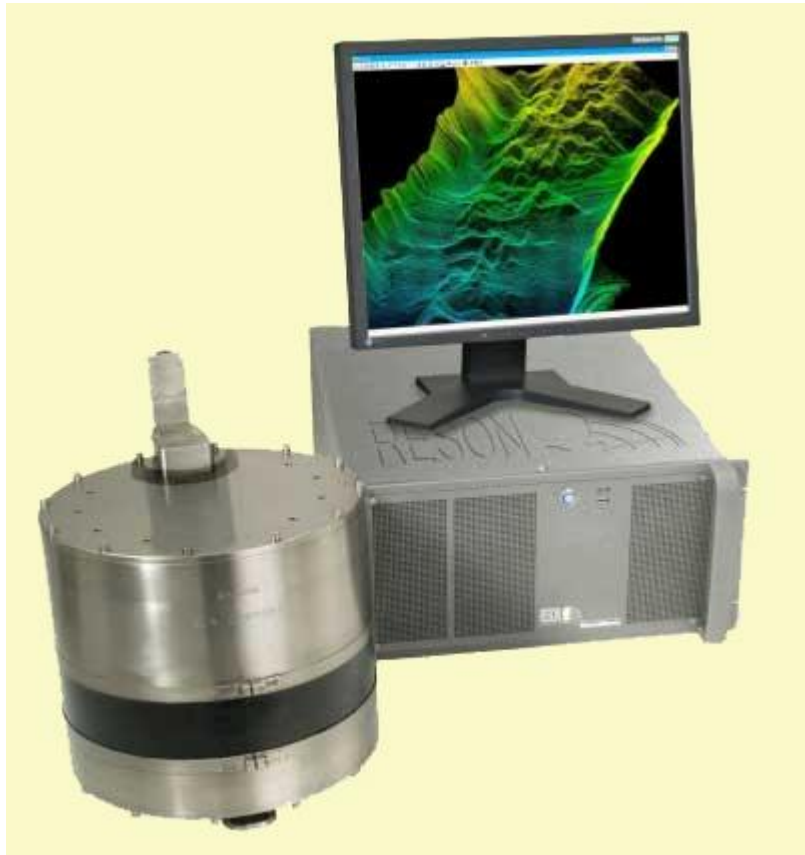
- Промірний ехолот „Simrad EA-400”;
- DGPS приймач Trimble DSM-232;
- ПК Notebook (ASUS);
- Обладнання для тарування ехолоту;
- Лот;
- Радіо і навігаційне обладнання катеру згідно «Класу Регістру судноплавства України: (KM)+ПЗ<sub>2</sub>Т<sub>2</sub>О».

### **Геодезичне обладнання**

- GPS приймач Trimble 5700;
- Тахеометр Sokkia Set 3130R3;
- Лазерна рулетка Disto D8;
- Програмне забезпечення CREDO з апаратним ключем;
- Цифровий фотоапарат Sony DSC-HX7V.

На даний момент, наприклад, в Одеському районі використовується багатопроменевий комплекс який складається з:

## Багатопроменевий ехолот SeaBat 7101



SeaBat 7101 - це багатопроменевої ехолот (БПЕ) з високою роздільною здатністю, робочою частотою системи 240 кГц і з шириною смуги огляду 150°. SeaBat 7101 призначений для стаціонарної або тимчасової установки на судні, або на дистанційно керованому підводному апараті (ROV) і розрахований на занурення до 100 метрів. Оператор БПЕ SeaBat 7101 має можливість вибору режиму формування променів: режим рівних кутів (EA) - рівномірно розподілених по всьому охоплення або режим рівних відстаней (ED) - рівномірно розподілених по всій ширині смуги охоплення. Цей багатопроменевої ехолот може виконувати до 511 дискретних зондувань у режимі рівних відстаней (ED) або 101 - в режимі рівних кутів (EA). Обидва режими мають динамічне фокусування променів. Ці можливості дозволяють одержати високу щільність зондування, а в поєднанні з стабілізацією крену (бічної хитавиці), високою точністю і надійним виявленням дна в реальному часі забезпечують максимальну продуктивність системи і ефективність її роботи в будь-яких акустичних середовищах. Щоб визначити дно по кожному індивідуальному променю з максимально можливою точністю, використовується спеціальний алгоритм виявлення дна, що представляє комбінацію алгоритмів центру енергії і нуля фази.

При роботі на дуже дрібних глибинах або при обстеженні вертикальних структур є можливість поставки цього БПЕ з унікальною шириною смуги охоплення в 210° (опціонально).

## Функції апаратної платформи SeaBat 7101

Для апаратної платформи багатопроменевого ехолота SeaBat 7101 компанії Teledyne Reson доступний пакет функцій FP2, який являє собою програмні і апаратні поновлення які поліпшують можливості і продуктивність БПЕ за рахунок розширення функціональності системи, шляхом активації закладених в апаратну платформу функцій.

### Найменування функцій

Roll Stabilisation (Стабілізація бортовий качки)

Quality filter (Фільтр якості)

XYZ offsets (Офсети XYZ)

Channel normalisation (Нормалізація каналу)

Vari-Swath (Змінюваний сектор огляду)

Ручна установка параметрів фільтрів

Head tilt (Нахил голови сонара)

Wide mode (Широкий режим)

Зміна швидкості пинговання «на льоту»

Вибір режиму формування променів «на льоту»

Autopilot (Автопілот)

FlexMode (Гнучкий режим) - опція

### Обов'язковим компонентом системи є:

#### 1. Процесор сонара



Процесор, що включає в себе комп'ютер, забезпечує високу продуктивність апаратної платформи багатопроменевого ехолота і є основою системи. В комп'ютер процесора встановлюється модифікована версія Windows XP Professional і спеціальне гідрографічне програмне забезпечення, що використовується для виконання зйомки, збору і обробки даних та ін. Процесор, як правило, встановлюється в 19 "стіжку, і дозволяє підключати різні зовнішні датчики.

## 2. Програмне забезпечення

Система поставляється з передвстановленим прикладним гідрографічним програмним забезпеченням (версія для багатопроменевої зйомки) для забезпечення конфігурування системи.

## 3. Трансдюсер



Трансдюсер системи SeaBat 7101, що представляє собою приймально-передавальну гідроакустичну антену (іноді звану головою сонара), як правило, встановлюється на забортній монтажній кронштейні і підключається до процесора сонара за допомогою кабелю довжиною 25 м.

## 4. Датчик швидкості звуку



Для отримання точного значення швидкості звуку у воді використовуються датчики швидкості звуку. В системі SeaBat 7101 для вимірювання швидкості звуку у воді реальному часі може використовуватися будь-який з датчиків швидкості звуку серії SVP. Датчик має водонепроникний корпус і підключається до процесора сонара кабелем довжиною 10 м.

## 5. Профілограф швидкості звуку



Для вимірювання профілю швидкості звуку у воді в районі виконання промірів в системі SeaBat 7101 використовується профілограф швидкості звуку. SVP-14 – високоточний датчик для виміру абсолютної швидкості звуку використовуючи технологію прямого пробовідбору.

Датчик працює до глибини 40м. Він вимірює швидкість звуку й глибину водного стовпа. Датчик поставляється із програмою для запису, надання й тестування даних, а також з інтегрованим блоком живлення плюс інтерфейс із зарядкою батареї.

Залежно від виду робіт, датчик SVP-14 здатний працювати в декількох режимах. У режимі «On-line» датчик підключається кабелем до зовнішнього обладнання з постійною передачею даних на зовнішнє обладнання (наприклад, на ПК). Датчик можна використовувати на фіксованій глибині або його можна опускати вниз, перевіряючи профіль звуку в режимі «On-line».

У режимі «Off-line» датчик працює від вбудованої батареї. Швидкість звуку можна записувати або як функцію глибини, або як функцію часу. Коли датчик опускається вниз, він записує дані у внутрішню пам'ять. Ці дані зберігаються, навіть якщо датчик виключиться. Тепер можна перенести дані на ПК через блок живлення або на пряму, через RS 232 на зовнішнє обладнання [5].

Програмне забезпечення SVP-14 дає можливість надання даних з датчика або в режимі реального часу, або в пост обробці у вигляді цифрових значень, або графічно, зберігати дані й друкувати їх.



Передача даних здійснюється через стандартний протокол ASCII.

## 6. Система позиціонування і орієнтації

Для визначення положення, курсу, точного часу, а також значень вертикальної качки, поздовжнього і поперечного крену в систему багатопроменевого ехолота повинні входити такі датчики: GNSS приймач геодезичного класу і відповідний датчик динамічних переміщень. Необхідну функціональність БПЕ можна отримати двома способами:

збірний варіант системи позиціонування і орієнтації - два окремих датчика;

система позиціонування і орієнтації для морських суден.

### 6.1. Система позиціонування і орієнтації (збірний варіант)

#### 6.1.1 Система позиціонування

Під час зйомки для визначення положення і курсу судна в реальному часі і отримання точного часу використовується система позиціонування, що представляє собою, як правило, двочастотний GNSS приймач для морських додатків. В Одеському районі це:

#### **DGPS приймач TRIMBLE Ag GPS 132**

GPS приймач TRIMBLE Ag GPS 132, поєднує в одному корпусі приймач GPS сигналів, приймач виправлень від морських MSK маяків, а також приймач виправлень від супутникового диференціального сервісу. При цьому використовується одна комбінована антена. Така конфігурація значно підвищує точність і надійність визначення місця розташування, а також спрощує реалізацію диференціального режиму.

Довгохвильової приймач виправлень використовує дані, передані навігаційними маяками, установленими по усьому світу.[11]

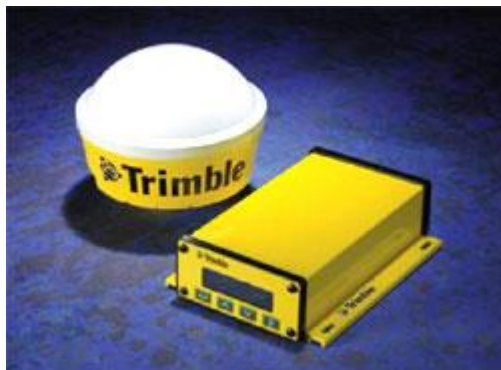


Рис 6.7 GPS приймач TRIMBLE Ag GPS 132



Вбудований дванадцяти каналний GPS приймач забезпечує високу точність визначення позиції з усуненням помилок внесених іоносферою й тропосферою на основі попередньо заданих моделей. Це забезпечує субметрову точність визначення поточного місця розташування, а також представляє можливість визначати поточну швидкість із точністю до 0,15 км/година, що виключає необхідність використання зовнішніх датчиків швидкості при розв'язку багатьох завдань.

Визначення місця розташування здійснюється з використанням надійних методик диференціальної обробки, що дозволяє приступити до робіт усього лише, через кілька секунд, після включення комплексу.

### 6.1.2. Датчик динамічних переміщень

При виконанні багатопроменевої зйомки необхідно в реальному часі визначати параметри реальної динаміки судна (значення вертикальної качки, поздовжнього і поперечного кренів). Ці дані, одержані за допомогою датчика динамічних переміщень, використовуються для систематичного оновлення значень батиметричної зйомки.

### Гірокомпас і датчик руху OCTANS



Рис.6.8 Гірокомпас і датчик руху OCTANS

Технологічним серцем OCTANS є волоконно-оптичний гіроскоп (ВОГ). OCTANS складається з 3-х ВОГ і 3-х кварцових акселерометрів. Більш ніж 20 років фірма Ixsea Oceano доводила цю технологію до найвищих промислових стандартів у рамках безлічі проектів і додатків. Учені світового класу постійно поповнюють портфель патентів Ixsea Oceano і забезпечують лідерство в області розробки й виробництва волоконно-оптичних гіроскопів для оборонних і космічних програм.

В Ixsea Oceano розроблені й застосовуються найсучасніші технології, засновані на багаторічному ноу-хау в області виробництва волоконно-оптичних гіроскопів для військових і космічних проектів. Усі компоненти OCTANS перевіряються протягом усього виробничого процесу: від

одержання до складання. Робота акселерометрів, електронних плат і волоконно-оптичних гіроскопів контролюється протягом декількох температурних циклів, що покривають заявлений діапазон від -40С до+80С. Дана процедура гарантує, що на кожному етапі виробництва виконані всі необхідні вимоги. Запис усіх результатів випробувань зберігається для гарантій якості.

Переваги:

- Значення вертикальної хитавиці стабільно при поворотах без необхідності застосування зовнішніх датчиків
- Легко інтегрується, має інтерфейс, сумісний з усіма багато- і однопроменевими ехолотами, ADCP і дослідницькими комплексами
- Імітує всі існуючі датчики руху й гірокомпаси
- Спостереження до 3 точок (плече важеля/кутові відхилення)
- Відсутність зовнішнього блоку керування.

## 7. Монтажний кронштейн



Монтажний кронштейн з обтікачами призначений для кріплення на забортну штангу підводних компонентів SeaBat 7101: трансдюсера (що складається з приєднуваного антенного блоку) і датчика швидкості звуку серії SVP.

SeaBat	7101
Частота	240 кГц
Ширина смуги огляду	150 ° (210 ° - опціонально)
Діапазон роботи	7101-ST (150 °) від 0.5 м до 300 м 7101-ER (210 °) від 0.5 м до 500 м
Глибина занурення трансдюсера	100 м
Ширина одного променя уздовж галс	1.5 °
поперек галс	1.8 °
Частота повторення імпульсів	40 Гц
Тривалість імпульсу	від 21 до 225 мксек

Кількість променів режим ED	239 або 511
режим EA	101 або 141 (для опції 210 °)
Дозвіл по глибині	12.5 мм
Виведення даних	батиметрія, бічне і часткове сканування формат 7К; Гбіт Ethernet
Загальні характеристики	
Споживана потужність	110/220 В змінного струму, 50/60 Гц, 500 Вт в середньому
Довжина кабелю трансдюсера	25 м
Температурний діапазон	робочий від 0 ° до 40 °; зберігання від -33°C до + 55°C
Вага трансдюсера	7101-ST (150 °) 40 кг 7101-ER (210 °) 46 кг

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ПОСІБНИК З ГІДРОГРАФІЇ (Під ред. Симоненко С.В. у 2-х томах, перекл. з англ.) – Київ: Держгідрографія, 2006. – Т.1-248с. ; Т.2-265с.
2. Р. Понс. Нова роль гідрографії у XXI столітті.// Вісник Держгідрографії, 2014, 3(47), стор. 14-18.
3. Публікація S-44 «Стандарти ІНО для гідрографічних досліджень» (4-те видання, 1998 р.) Міжнародної гідрографічної організації, Монако, Р-14-8.
4. Частина 1 Гідрографічного посібника Національного управління з дослідження океану та Атмосфери США (NOAA) (видання від 4 липня 1976 року, Р-2-1; [www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf](http://www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf)).
5. Б. Буржуа (B. Bourgeois), Ф. Петрі (F. Petry) і інші. Комплексний підхід GIS для промірів з динамічно змінною конфігурацією. Гідрографічний журнал, січень 1999 року, Р. 3-10.
6. Пентті Джунні (Pentty Junni) та Ральф Ліндгрєн (Ralf Lindgren). Гідрографічна інформаційна система – співпраця, концепція і майбутнє. Фінська морська адміністрація, <http://www.esri.com/library/usercon/proc97/proc97/pap619/p619.html>.
7. «Керівництво з обробки великих обсягів батиметричних даних», пункт 3.2-ІНО, Монако, циркулярний лист 45/2001 від 5 жовтня 2001 року.
8. Патрік МакГламері (Patrick McGlamery). Питання автентичності просторових даних. Університет Коннектикуту (США). 66-а Рада і Генеральна конференція Міжнародної федерації ландшафтної архітектури (IFLA), <http://magic.lib.unconn.edu>.
9. Публікація S-44 «Стандарти ІНО для гідрографічних досліджень» (4-те видання, 1998 р.) Міжнародної гідрографічної організації, Монако, Р-12.
10. «Керівництво з обробки великих обсягів батиметричних даних», пункт 3.3 - ІНО, Монако, циркулярний лист 45/2001 від 5 жовтня 2001 року.
11. «Інструкція щодо вимог і методів зйомки рельєфу дна для навігаційних цілей». – Київ: ФДУ «Укрморкартографія», 2006. – 120 с.
12. «Положення про порядок проведення океанографічних досліджень у Чорному та Азовському морях». – Київ: ДУ «Держгідрографія», 2003. – 42 с.