

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський Державний Екологічний Університет

О.О.Даниленко
ГІДРОГРАФІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МОРСЬКОГО
СЕРЕДОВИЩА
(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. "Гідрографічне забезпечення використання
морського середовища"

У конспекті лекцій розглядаються аспекти використання гідрографічної інформації, необхідної для супутньої морської навігаційної продукції, а також для управління прибережною зоною, для інженерно-технічних робіт і науки.

© Даниленко О.О.

© Одеський Державний
Екологічний Університет, 2018

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ВВЕДЕННЯ В ДИСЦИПЛІНУ.....	7
2 ОСНОВНІ СФЕРИ ДІЯЛЬНОСТІ, ПОВ'ЯЗАНІ З ГІДРОГРАФІЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ.....	10
2.1 Морський транспорт.....	10
2.2 Управління береговою зоною.....	10
2.3 Вивчення і експлуатація морських ресурсів.....	11
2.4 Захист навколишнього середовища й управління.....	12
2.5 Морська наука.....	12
2.6 Розмежування морських кордонів і морська оборона.....	12
2.7 Туризм і човнярство, як різновид відпочинку.....	12
2.8 Національна інфраструктура просторових даних.....	13
3 РОБОТА З ДАНИМИ І МОРСЬКА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА.....	15
3.1 Збір даних.....	15
3.2 Обробка даних.....	15
3.3 Аналіз даних.....	17
3.4 Якість даних.....	18
3.5 Морська інформаційна система.....	20
4 МОРСЬКІ ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПРИ ГІДРОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ.....	24
4.1 Завдання морської геодезії.....	25
4.2. Особливості геодезичних робіт на морі. Вимоги до точності геодезичного обґрунтування.....	27
4.3 Морська геодезія – необхідна складова гідрографічних досліджень.....	31
5 ГІДРОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ГЕОМОРФОЛОГІЇ.....	33
5.1 Рельєфоутворювальні процеси.....	33
5.2 Розчленованість земної кори.....	36
5.3 Класифікація і стисла характеристика форм підводного рельєфу.....	38
6 ТОПОГРАФІЧНІ РОБОТИ. ОКРЕСЛЕННЯ БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ.....	45
6.1 Класифікація і короткий опис морських берегів.....	47
6.2 Обстеження динаміки екзогенних процесів (зсувних/намивних) на території маячних баз, топографічна зйомка, виміри глибин.....	50
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	59

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

Гідрографічні дослідження полягають у вивченні рельєфу дна і прилеглих ділянок суші океанів, озер, річок, гаваней та інших водних форм. Проте, у сучасному розумінні цей термін може включати в себе й такий широкий діапазон завдань, як вимірювання припливів, течій, гравітації, земного магнетизму та визначення фізичних і хімічних властивостей води. Головною метою більшості гідрографічних досліджень є одержання вихідних даних для складання морських карт з огляду на характеристики, які можуть стосуватися безпеки мореплавства. Інші цілі передбачають збір інформації, необхідної для супутньої морської навігаційної продукції, а також для управління прибережною зоною, для інженерно-технічних робіт і науки¹.

Призначенням гідрографічних досліджень є²:

- **збір** даних за допомогою систематичних досліджень на морі, уздовж узбережжя і на територіях, віддалених від моря з географічною їх прив'язкою, що стосуються:

- конфігурації берегової лінії, включаючи штучну інфраструктуру для морського судноплавства, тобто, ті елементи берегового рельєфу, які становлять інтерес для мореплавців;

- глибин у районі дослідження (включаючи всі потенційні небезпеки для мореплавства та інших видів морської діяльності);

- структури морського дна;

- припливів і течій;

- фізичних властивостей водяного стовпа;

- **обробка інформації**, зібраної з метою створення систематизованих баз даних, які б могли слугувати основою для виробництва тематичних карт, морських карт та інших видів документації для подальших найбільш широких цілей, зокрема:

- морського судноплавства та регулювання руху транспорту;

- операцій військово-морських сил;

- управління прибережною зоною;

- збереження морського середовища;

- експлуатація морських ресурсів та прокладання підводних кабелів / трубопроводів;

- визначення морських кордонів (реалізації Морського права);

- наукових досліджень.

¹ Частина 1 Гідрографічного посібника Національного управління з дослідження океану та Атмосфери США (NOAA) (видання від 4 липня 1976 року, P-1-3; www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf).

² Публікація М-2 «Національна морська політика і гідрографічні служби» Міжнародної гідрографічної організації, Монако, P-13.

Мореплавці зазвичай довіряють морським картам безумовно. Якщо на карті не зазначено жодну небезпеку, вони вважають що так воно і є насправді. Морська карта є кінцевою продукцією гідрографічного дослідження. Її точність і достовірність залежать від якості даних, зібраних під час дослідження¹. Морська карта – це графічне зображення морського середовища, яке відображає властивості і форму узбережжя, глибини та загальний характер і структуру морського дна, місцезположення навігаційних небезпек, припливи і відпливи, навігаційні застереження, створені людиною, а також характеристики магнетизму Землі. Форма сучасної морської карти може варіюватися від традиційної до електронної.

¹ Частина 1 Гідрографічного посібника Національного управління з дослідження океану та Атмосфери США (NOAA) (видання від 4 липня 1976 року, P-1-3; www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf).

1 ВВЕДЕННЯ В ДИСЦИПЛІНУ

Прикладний характер гідрографії як науки, покликаної забезпечити головним чином потреби мореплавання, природно, призводить до обмеження досліджуваних частин гідросфери. Практично гідрографія вивчає тільки ту частину гідросфери, яку складає Світовий океан, тобто безперервну водну оболонку Землі, а також судноплавні річки, озера і водосховища. Однак у зазначеній частині дослідження поширюються не тільки на власне водну масу, але й на ділянки літосфери, що межують і взаємодіють з нею.

Інакше кажучи, об'єктом вивчення гідрографії є океани, моря, озера і річки, а саме: їх обриси, форма, розміри, глибини, рельєф і ґрунти дна, а також характер і обриси берегів.

Відповідно до завдань гідрографії основним об'єктом вивчення є підводний рельєф, ґрунти і береги. Однак повністю виключити з розгляду водні маси океанів представляється неможливим і неправильним, оскільки це єдина природна система.

Планування гідрографічних досліджень і методика їх проведення потребують знання загальних закономірностей походження і розвитку Світового океану. Основною практичною метою гідрографічних досліджень є забезпечення безпеки мореплавання. Тому і підводний рельєф вивчається насамперед як джерело навігаційної небезпеки. Завдання гідрографії, в першу чергу, полягає в достовірному і точному вивченні розташування і обрисів тих форм підводного рельєфу, які можуть являти собою навігаційні небезпеки. Для вибору шляхів і рекомендованих курсів або районів плавання необхідно мати і загальне уявлення про підводну топографію. Нарешті, за допомогою докладної і точної картини рельєфу, відтвореної на картах, можуть вирішуватися задачі визначення місця в море.

Отже, для гідрографії безпосередній інтерес при вивченні підводного рельєфу представляють морфографічні та морфометричні характеристики рельєфу. Також, крім головного - навігаційного призначення, морські карти використовуються для вибору пунктів базування, водного промислу, при розвідці корисних копалин, а також в якості первинних матеріалів для фундаментальних наук про Землю. Тут, крім зазначеної морфометричної і морфографічної інформації, бажано мати також відомості про рельєфоутворюючі процеси і характер донних опадів у всій товщі осадових порід. Та й саме наукове планування і раціональна організація гідрографічних досліджень вимагають, щоб накопичувалися все більш повні і різнобічні відомості про підводний рельєф.

Дійсно, поки зона гідрографічних досліджень обмежувалася невеликими глибинами в прибережних районах і характеризувалася порівняно високою подробицею проміру, знання морфометричних характеристик дозволяло успішно вирішувати багато практичних завдань, включаючи планування робіт і створення навігаційних карт.

Зароджувалася гідрографія як область знань, необхідних для забезпечення мореплавання. У міру розвитку продуктивних сил змінювалися вимоги до гідрографії, а значить, і конкретний зміст гідрографічних досліджень. Однак загальна їх тенденція полягала в тому, що розширювалося коло елементів географічного середовища, що підлягали вивченню, і постійно зростали вимоги до точності і достовірності знань. Широке залучення Світового океану в зону економічної діяльності привело до необхідності вивчати такі його елементи, які необхідні не тільки для мореплавання, а й для інших цілей. Стандарт Міжнародної гідрографічної організації (МГО) визначає тепер морську гідрографію як: «Галузь прикладних наук, що полягає у вимірюванні та описі характеристик морів і прибережних районів. Першочерговою метою гідрографії є забезпечення потреб мореплавства, а також усіх інших морських потреб і діяльності, включаючи, між іншим, прибережну діяльність, дослідження, захист навколишнього середовища і послуги з прогнозування» [1].

Отже, створення національної морської політики потребує достатньо розвинутого потенціалу для здійснення усіх зазначених видів діяльності, що забезпечить здобуття фундаментальних знань стосовно географічних, геологічних і геофізичних характеристик морського дна й узбережжя, а також течій, припливів і певних фізичних властивостей морської води. Усі ці дані мають належним чином оброблятися для того, щоб якість морського дна, його географічний зв'язок із сушею та характеристики і динаміка океану могли бути точно відображені в усіх зонах національного судноплавства. Згідно з визначенням, гідрографії належить ключова роль у розвитку всіх видів морської діяльності, які, зазвичай, є важливими для національної економіки.

У зв'язку з необхідністю надання достатньої уваги аспектам безпечного та ефективного регулювання руху морського транспорту, управлінню прибережною зоною, вивченню і експлуатації морських ресурсів, захисту навколишнього середовища і морській обороні виникає потреба подальшого розвитку і модернізації гідрографічної служби.

Різноманіття досліджуваних елементів і напрямів, за якими використовується гідрографічна інформація, веде до необхідності різних способів її зберігання і представлення.

До недавнього часу основним (для окремих елементів єдиним) способом зберігання і представлення результатів гідрографічних досліджень була морська карта - графічне зображення сукупності елементів географічного середовища на площині. Впровадження автоматизованих комплексів, що охоплюють весь процес гідрографічних досліджень, передбачає в якості основного способу зберігання спеціальні банки даних, де інформація в цифровій формі зосереджена на технічних носіях. Однак подання інформації у вигляді карт (паперових або електронних) для безпосереднього сприйняття і використання людиною не має альтернативи.

Тому морська карта як кінцевий результат гідрографічних досліджень залишається найважливішим джерелом гідрографічної інформації про Світовий океан та інші частини гідросфери. Звідси колишньої залишається і кінцева мета гідрографічних досліджень: складання достовірних і точних карт для використання в мореплаванні, інших галузях господарської діяльності та науці. Тобто, мова йде про нову роль гідрографії і розширення сфер використання якісних гідрографічних даних на сучасному етапі розвитку господарської діяльності людства, а також про оцінку факторів що впливають на якість гідрографічної інформації.

2 ОСНОВНІ СФЕРИ ДІЯЛЬНОСТІ, ПОВ'ЯЗАНІ З ГІДРОГРАФІЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

2.1 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.

2.2 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.

2.3 Вивчення і експлуатація морських ресурсів

Хоч великі бази даних, які створювались упродовж багатьох років гідрографічними службами, з самого початку 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 відчують 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.

2.4 Захист навколишнього середовища й управління

Суттєвим фактором захисту навколишнього середовища є безпечне і точне мореплавство. 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 мореплавства».

2.5 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.

2.6 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.

2.7 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.

2.8 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.

3 РОБОТА З ДАНИМИ І МОРСЬКА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА

3.1 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.

3.2 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»⁹. 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, рис. 3.1.

Дані + Процес обробки = Робота

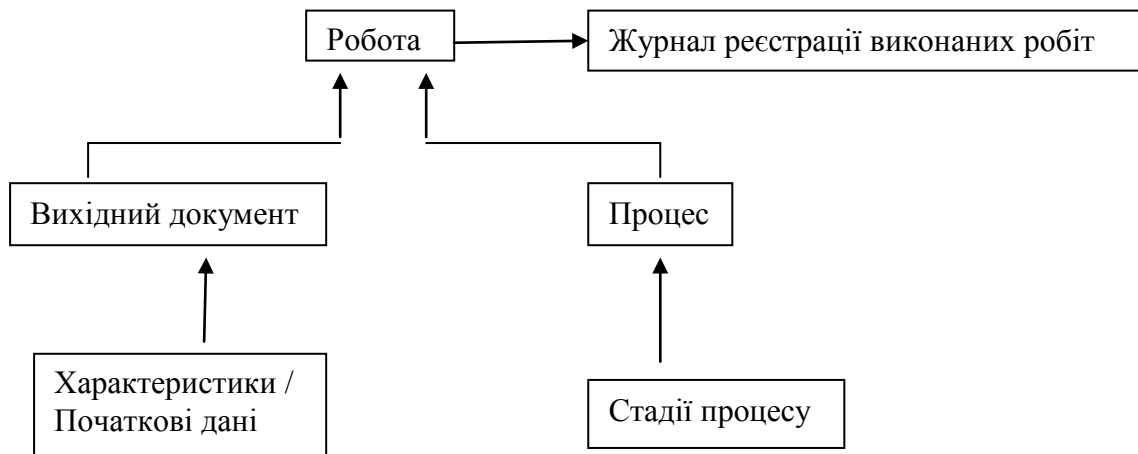


Рис. 3.1 Модель обробки даних

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:

- **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, кільова 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^{1,2,3}.

3.3 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.

¹ «Комплексний підхід GIS для промірів з динамічно змінною конфігурацією» - Б. Буржуа (B. Bourgeois), Ф. Петрі (F. Petry) і інші, Гідрографічний журнал, січень 1999 року, Р 3-10.

² «Гідрографічна інформаційна система – співпраця, концепція і майбутнє» - Пентті Джунні (Pentty Junni) та Ральф Ліндгрєн (Ralf Lindgren), Фінська морська адміністрація,
<http://www.esri.com/library/usercon/proc97/proc97/pap619/p619.html>.

³ «Керівництво з обробки великих обсягів батиметричних даних», пункт 3.2-ІНО, Монако, циркулярний лист 45/2001 від 5 жовтня 2001 року.

ПОМИЛКА	ВЕЛИЧИНА	ПРОЦЕДУРА УСУНЕННЯ
Груба	Велика	Професійна підготовка, процедури з виявлення проблеми
Постійна	Зазвичай незначна, але систематична	Калібрування або процедури
Періодична	Зазвичай незначна, але перемінна	Процедура (повторення), навіть для великих помилок
Випадкова	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 віддалеміри 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 невідповідності будуть випадково різнитися за величиною і знаком. Якщо ж наявні систематичні помилки, у величинах та/або знаках невідповідностей будуть спостерігатися систематичні тенденції. Для допомоги в аналізі даних, з метою подальшої оцінки, мають бути згадані атрибути початкових даних і метадані.

3.4 Якість 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. 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.

- 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.

- **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 відтворюваних 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.

3.5 Морська інформаційна система

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.

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, привертали 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 Географічній інформаційній системі (ГІС). Усі дані, зібрані під час географічних промірювань: заміри швидкості звуку у воді, підрахунки доплеровських вимірювань швидкості течії, класифікація донних відкладень, припливи, течії, каламутність води 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.

Гідрографічні дані та інфраструктури просторових даних. Інфраструктура просторових даних (ІПД) 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. Компанія «Esri» підтримує чимало існуючих ІПД, зокрема INSPIRE, що використовується в ЄС. Кібернетичний портал ArcGIS для INSPIRE забезпечує отримання даних, їх обмін та відповідність вимогам у Європі.

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

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. Можливості ArcGIS дозволяють

користувачам миттєво опрацьовувати мільярди різноманітних параметрів – для цього достатньо налаштувати параметри аналізу, хоча раніше потрібно було вводити початкові дані у програму. 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.

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 ІІД, зокрема для мореплавства, а також для потреб інших морських організацій. ІІД 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.

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

Гідрографічні стандарти. Однією з можливих 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.

Підсумки. Гідрографічні дані є основою морських ІПД. Їх застосування виходить далеко за межі безпеки судноплавства, допомагає фахівцям-гідрографам і морським картографам набувати професійних навичок у сфері ГІС.

«Хмарні» обчислення (приватні, державні та змішані), величезні масиви даних та програмне забезпечення для ГІС – складові частини будь-якої ІПД та обов'язкова передумова використання гідрографічних даних поза межами створення карт.

Сучасні гідрографічні служби з часом мають перетворитися на геопросторові агентства, що створюють дані в єдиному чотирирівимірному часово-просторовому континуумі для забезпечення різноманітних потреб – від морського просторового планування до безпеки судноплавства, дотримання принципу багаторазового використання даних, зібраних один раз; у цілому – для розвитку «синьої економіки» в їхніх країнах.

4 МОРСЬКІ ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПРИ ГІДРОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Геодезія як наука про теорію і практику вимірювань на поверхні Землі до середини ХХ сторіччя розвивалась головним чином стосовно суші – природного середовища існування людини. Початок 50-х років ХХ сторіччя став періодом становлення нового розділу у геодезії, призначеного вирішувати низку специфічних завдань на акваторіях морів і океанів. Основою для його формування стали роботи, спрямовані на комплексне вивчення та засвоєння біологічних, мінеральних і енергетичних ресурсів Світового океану. Посилилося всебічне дослідження океану, а саме його геофізичних полів, рельєфу дна, течій, гідрологічних характеристик води, впливу океану на клімат, флору і фауну та т.п. Надалі збільшується значення океану як транспортного середовища, прокладаються трубопроводи та кабелі по морському дну. У зв'язку з цим, як на шельфі, так і у глибоководних абісальних областях почали провадитися систематичні дослідження та цілеспрямовані зйомки.

Усі перелічені та багато інших видів діяльності в океані потребують відповідного геодезичного забезпечення із застосуванням засобів та методів геодезичних вимірювань, пристосованих до специфіки морських умов і відмінних від вимірювань, що застосовуються на суходолі. Важливою задачею такого забезпечення є геодезична прив'язка – визначення координат точок.

Для виконання зйомочних робіт, як і на суші, необхідно мати кондиційне геодезичне облаштування, при створенні якого в морських умовах найважливішим є завдання точного визначення планових координат пунктів спостережень.

Умови проведення морських дослідницьких і зйомочних робіт обумовили суттєву різницю методів вирішення виникаючих при цьому геодезичних завдань від вирішення аналогічних завдань на суші. Роботи на морі провадяться з суден або інших плавзасобів на будь якій відстані від берегової лінії при відсутності опорної геодезичної мережі, як правило, при відсутності оптичної досяжності на пункти континентальних опорних геодезичних мереж.

В таких умовах застосування традиційних приладів, що використовуються на суші, виявилось неможливим. Ця обставина обумовила необхідність проведення досліджень з метою розробки і створення технічних засобів для виконання геодезичних вимірів у морських умовах, у тому числі і у гідросередовищі.

У наш час в геодезичних вимірюваннях на морі використовуються різні типи радіогеодезичних та радіонавігаційних систем наземного базування, супутникові навігаційно - геодезичні системи, автономні інерціальні і гідроакустичні засоби, інтегральні навігаційно-геодезичні системи, що об'єднують у єдиний комплекс деякі типи переліченої апаратури за

допомогою бортової апаратури з включенням електронної обчислюваної машини (ЕОМ).

Роботи з створення методів і апаратури для геодезичних вимірів і визначень на морі розвивалися паралельно з розвитком усього комплексу наук, предметом якого є Світовий океан.

До середини 60-х років ХХ сторіччя у самостійні розділи наук сформувалися «морська геологія», що вивчає у межах Світового океану геологічну будову земної кори і Землі в цілому; «морська геофізика», що вирішує проблему вивчення глибинної будови Землі геофізичними методами і яка включає геофізичні методи пошуку і розвідки корисних копалин під океанами і морями; «морська геоморфологія», що займається вивченням форм рельєфу дна і берегів Світового океану; «морська гідрометрія», що займається розробкою методів і засобів океанографічних досліджень; «морська метеорологія», яка досліджує особливості атмосферних процесів над океанами і взаємодію атмосфери з океаном.

Високого рівня розвитку до середини 60-х років ХХ сторіччя досягли методи і технічні засоби геодезичного забезпечення акваторіальних зйомок і досліджень.

Широке розгортання різного роду досліджень океану відкрило нові можливості розв'язання головної наукової проблеми геодезії – визначення форми та розмірів нашої планети. Так, вивчення поверхні геоїда в океані виконується в основному супутниковими методами. Результати гравіметричного знімання на поверхні моря допомагають виявляти місцеві аномалії гравіметричного поля. Викладене показує, що освоєння океану ставить перед наукою і технікою ті самі геодезичні задачі на морі, які розв'язують на суші, але специфіка умов вимагає застосування інших засобів і методів.

Особливості вимірів і визначень в умовах моря виявилися настільки суттєвими, що з'явилась необхідність виділити «морську геодезію» у самостійний розділ геодезії. Першим цей термін на початку 19 століття застосував російський дослідник моря Г. Саричев.

4.1 Завдання морської геодезії

За період з початку 50-х років ХХ сторіччя сфера діяльності людини у морях і океанах розширилася, ускладнилися у зв'язку з цим і завдання морської геодезії при проведенні гідрографічних, океанографічних і морських геологічних робіт.

Велику актуальність набули роботи, спрямовані на створення морських опорних мереж і окремих пунктів загальногеодезичного та спеціального призначення. Такі мережі і пункти необхідні для геодезичної прив'язки детальних великомасштабних топографічних, геологічних і інших зйомок за межами дії берегових високоточних радіотехнічних засобів; при створенні геодезичної опори на морських нафтових та газових родовищах; для

демаркації державних кордонів (границь територіальних вод), границь економічних, риболовних і інших зон, на які прибережні держави мають суверенні права; для створення служби оперативного оповіщення про цунамі; для закріплення безпечних маршрутів плавання суден (особливо актуальне це питання у високоширотних акваторіях – під полярними льодами); для забезпечення космічних операцій і т. ін..

Швидкими темпами розвиваються роботи, спрямовані на створення топографічних карт шельфу і Світового океану у цілому. Потреби у них дуже великі вже зараз. Морські топографічні карти є дуже цінним матеріалом при вирішенні однієї з головних задач у дослідженні Світового океану – з'ясування головних рис тектонічної будови підводних районів поверхні Землі. Вони необхідні також при геологорозвідувальних роботах на морі, для оцінки родовищ корисних копалин, при будівництві гідротехнічних споруд та зведенні морських бурових платформ, прокладці підводних комунікацій, меліорації прибережних зон суші, для топографічного забезпечення риболовних зон і т. інше.

Велике розповсюдження отримують роботи інженерно-геодезичного спрямування, пов'язані з інтенсивною індустріалізацією прибережної смуги: з розвитком прибережної гірничодобувної промисловості; з спорудженням промислових комплексів, які розташовуються як на суші, так і на воді; з розширенням діючих і з заснуванням нових нафтодобувних промислів; з будівництвом каналів у прибережних акваторіях для проходження великотоннажних суден; з будівництвом припливних електростанцій; з створенням хазяйств аквакультури; з організацією добути будівельних матеріалів з поверхні і з надр океанічного дна і т. інше.

З ціллю забезпечення необхідної точності геодезичних визначень у морських умовах знадобилося суттєво розширити роботи по визначенню фігури Землі та її зовнішнього гравітаційного поля у межах Світового океану. Для цього постійно зростають об'єми морських гравіметричних зйомок, удосконалюються старі та розроблюються нові методи вивчення поверхні Світового океану і її динаміки, засновані на використанні штучних супутників Землі.

Інтенсивний розвиток морської геодезії обумовив удосконалення технічних засобів різного призначення і створення нових геодезичних приладів.

Для виконання великомасштабних топографічних знімків і високоточного визначення координат, віддалених від берегів, на дні моря створюється мережа опорних геодезичних пунктів, яка повинна бути прив'язана до пунктів континентальних мереж. Це можна здійснити за допомогою двох видів вимірювань: підводних (гідроакустичних) і надводних (супутникових, радіотехнічних). Донні опорні геодезичні пункти встановлюють на територіях океанів, щоб їх можна було використати для випробовування і еталонування радіонавігаційної, радіогеодезичної,

супутникової та навігаційної систем, для визначення місцеположення судна при пошуках затоплених об'єктів.

Для вирішення головної наукової проблеми геодезії необхідно вивчати форму рівневої поверхні в морях і океанах. Перш за все це вивчення поверхні геоїда за спостереженнями збурень штучних супутників Землі (ШСЗ) і реєстрації реального профілю поверхні моря під орбітами ШСЗ за допомогою супутникової альтиметрії. Багатолітні спостереження дають можливість визначати положення середнього рівня моря біля берегів, а прокладання нівелірних ходів – різниці висот цих рівнів у різних місцях океану. Визначення фігури геоїда на морі має велике значення для науки і практики. Форма геоїда необхідна для редукування виконаних на морі вимірювань. Точність визначення місцеположення за штучними супутниками Землі залежить від врахування висот геоїда. Геодезичне забезпечення є елементом практичної діяльності на морі. Одна з геодезичних задач на морі – визначення координат рухомого судна, є основною задачею морської навігації.

Широкі дослідження проведені по розробці методів математичної обробки геодезичних вимірювань на морі. І у цьому напрямку роботи продовжуються з метою удосконалення цих методів, їх оптимізації і підвищення ефективності.

Таким чином, у морській геодезії можливо виділити наступні основні напрямки:

- створення морських геодезичних мереж;
- топографічна зйомка дна океанів і морів;
- геодезичне забезпечення науково-дослідних і пошуково-розвідувальних робіт, пов'язаних з вивченням і всебічним освоєнням Світового океану, а також робіт з будівництва морських інженерних споруд і прокладці підводних комунікацій;
- вивчення фізичної поверхні і зовнішнього гравітаційного поля Землі у межах Світового океану і їх варіацій у часі;
- розробка і створення спеціалізованих технічних засобів, технологій, методів вимірювань і математичної обробки їх результатів.

4.2. Особливості геодезичних робіт на морі. Вимоги до точності геодезичного обґрунтування

При розробці вимог до точності морських геодезичних робіт необхідно мати на увазі особливості умов їх проведення. Однією з них є нестаціонарність морського середовища. Геодезичні вимірювання на морі провадяться, головним чином, з суден або інших плавзасобів. Але навіть судно на якорі здійснює періодичні переміщення по деякій кривій. У залежності від розмірів і конструкції судна, глибини і хвиль, від напрямку і сили вітру і морської течії траєкторія його переміщення може коливатися в межах від частки метра до кількох десятків метрів і більше.

Нестационарність середовища проявляється також у наявності кількової і бортової качки, що виникає під дією різних факторів. У таких умовах величини геометричних параметрів безперервно змінюються, тому виконувати їх багаторазові вимірювання для досягнення більшої точності неможливо. Через ці ж причини неможливо виконувати вимірювання з борта судна високоточними кутомірними приладами, а відповідно, і використовувати методи створення геодезичного обґрунтування, що базуються на кутових вимірюваннях.

Друга особливість робіт по створенню геодезичного обґрунтування морських зйомок полягає у відсутності на акваторіях Світового океану геодезичної опори. Це обумовлює необхідність прив'язки робіт до пунктів континентальних геодезичних мереж.

Так як кутові вимірювання при морських геодезичних роботах не використовуються (за виключенням робіт у прибережній смузі, де можлива реалізація методів прямої і зворотної кутових засічок), основними при створенні геодезичного обґрунтування в умовах моря є методи, основані на лінійних вимірюваннях. Вимірюваними геометричними параметрами при цьому є дистанції та їх функції: різниці дистанцій, суми дистанцій і інші.

У залежності від віддалення об'єкта робіт від берега величини вимірюваних дистанцій можуть коливатися від кількох метрів до кількох тисяч кілометрів. Незалежно від їх довжини вимірюються вони спеціально створеною для цього електронною апаратурою. Конструктивні особливості її не дозволяють досягнути точності вимірювань, властивій високоточним геодезичним приладам, що застосовуються у роботах на суші. Крім того, на трасах великої довжини значно складніше враховуються помилки, що вносяться у результати вимірювань зовнішнім середовищем. Тому при вимірюваннях дистанцій між судном і береговими пунктами довжиною більше 30 – 40 км відносні помилки порядку 10^{-4} - $2 \cdot 10^{-4}$ не тільки припустимі, але і прийнятні. У деяких випадках виявляється припустимою і більш низька точність вимірювань.

Створення і впровадження у практику морських геодезичних робіт супутникових навігаційно-геодезичних систем частково вирішує проблему підвищення точності визначення координат об'єктів у морі, однак не виключає повністю необхідності використання континентальних геодезичних пунктів у якості опори при морських зйомках і дослідженнях.

Третя особливість геодезичних робіт у морі визначається фізичними властивостями водного середовища. Відомо, що з усього діапазону електромагнітних хвиль у морській воді розповсюджуються лише світлові хвилі з довжинами близько 0.5 мкм (синьо-зелена частина спектра) на відстані до 60 м. Крім того, на глибину до 30 м можуть проникати радіохвилі дуже низьких частот з довжинами більше 10 км, що розповсюджуються над поверхнею води. Тому діапазон використання світлодалекомірної техніки у підводних геодезичних роботах обмежується роботами інженерного характеру, а застосування радіотехнічних засобів практично неможливо.

У той же час вода є ідеальним середовищем для розповсюдження пружних коливань. Акустичні хвилі можуть розповсюджуватися у ній практично налюбі відстані. З цієї причини функціонування більшості приладів, призначених для виконання геодезичних вимірювань у підводних умовах, базується на використанні акустичних коливань і принципах гідроакустики. Розповсюдження акустичних хвиль у воді в основному подібне розповсюдженню електромагнітних хвиль в атмосфері. Однак тут у значно більшій мірі на швидкість і форму траєкторії акустичного коливання впливає середовище, а це, у свою чергу, є причиною значних викривлень результатів вимірів. Обчислення цих викривлень дуже складне і не завжди можливе.

Існує ще цілий ряд факторів, що не дозволяють досягнути високої точності визначення координат об'єктів у морі. При роботі з підводними човнами вони пов'язані, наприклад, з труднощами визначення положення точок відношення (точок, які приймають за центри випромінювання і прийому електромагнітних коливань), з відсутністю фіксованих, стабільних точок, до яких можливо було б приводити результати багаторазових вимірювань (наприклад, при вимірах з судна, що стоїть на якорі). Доволі складною є задача з визначення самих елементів приведення, тих, що у роботах на суші називають елементами центрування і редукації. При виконанні робіт з доплерівськими супутниковими системами суттєвий вплив на точність визначення координат виказують помилки у визначенні швидкості і курсу судна.

Відзначені обставини необхідно мати на увазі при проектуванні геодезичного обґрунтування акваторіальних зйомок і досліджень. Зокрема, детальність і масштаби морських геологорозвідувальних робіт необхідно встановлювати з урахуванням реальної точності прив'язки, яка забезпечується конкретним типом апаратури, що буде використана. При цьому загальні вимоги до їх геодезичної прив'язки регламентуються діючою технічною інструкцією по топографо-геодезичному забезпеченню геологорозвідувальних робіт, у відповідності з якою середня квадратична похибка визначення планового положення точок геолого - геофізичних спостережень відносно берегових опорних пунктів не повинна перевищувати 1.2 мм у масштабі звітної карти.

У теперішній час геолого – геофізичні роботи на морі ведуться головним чином у масштабах 1 : 1000000 – рекогносцировочні дослідження, 1:50000 – детальні зйомки, 1 : 10000 – в інженерно – геологічних цілях. Вважаючи, що положення пунктів у морі визначається методом лінійної засічки, припустима середня квадратична похибка виміру дистанції для робіт в означених масштабах могла б скласти 850, 35 і 7 м. Необхідно відзначити, що у багатьох випадках вимоги до точності визначення взаємного положення пунктів спостережень або об'єктів, що утворюють єдину технологічну схему, суттєво вищі вимог, що пред'являються до точності визначення абсолютних координат. Ці вимоги розповсюджуються, наприклад, на виміри відстаней

між точками збудження і прийому пружних коливань – при сейсмічних дослідженнях за методом загальної глибинної точки, на вимірі лінійних параметрів електророзвідувальних установок, зокрема, радіусів – у методі зондування становленням поля і відстаней між центрами диполів – у других електророзвідувальних методах.

Вельми високі вимоги до точності геодезичних вимірів встановлені у геологорозвідувальних роботах на етапі розвідувального буріння. Наприклад, похибка у визначенні місця устя бурової свердловини не повинна перевищувати 3 м відносно точок на поверхні моря. Останні у цьому випадку повинні визначатися з похибками не більше 15 м.

З максимально можливою точністю повинні визначатися координати пунктів донних геодезичних мереж. Такі ж вимоги до точності геодезичної прив'язки встановлені при прокладанні підводних комунікацій, при створенні пунктів системи попередження про цунамі, при демаркаційних роботах. З особливою ретельністю демаркаційні роботи на морі виконуються у випадках, коли поблизу граничної лінії розташовуються родовищ корисних копалин.

Прокладання трубопроводів і кабелів зв'язку у прибережній зоні повинно супроводжуватися геодезичною прив'язкою з похибками у положенні окремих точок не більше 3 м, у відкритому морі допускається похибка до 300 м.

Точність геодезичної прив'язки пунктів і об'єктів при топографічній зйомці шельфової зони морів і океанів регламентується наступними вимогами: середня квадратична похибка у положенні чітких контурів і об'єктів, розташованих у межах шельфової зони, відносно берегових або морських опорних пунктів не повинна перевищувати 1.5 мм у масштабі створюваної карти. Таку ж точність прив'язки необхідно додержуватися при виконанні гідрографічних зйомок. Ці ж похибки у зйомках на суші допускаються до 0.7 мм.

Особливі вимоги до точності геодезичних вимірів пред'являються при будівництві підводних гідротехнічних споруд. У підводних роботах не допускаються похибки більше 20 см при вимірах відстаней, що не перевищують 50 м, 5 см – при відстанях 5 – 20 м, 0.5 см – при відстанях 1 – 5 м, 0.1 см – при відстанях менше 1 м.

Відзначимо, що наведені вище характеристики у ряді випадків відбивають не досягнутий рівень, а вимоги, що пред'являються у наші часи до точності створення геодезичного обґрунтування. Це стосується перш за все проблеми високоточного визначення координат геодезичних пунктів і пунктів іншого призначення, розташованих на відстанях більше 50 км від берега. Для менших відстаней цю проблему можливо вважати вирішеною.

Необхідно також відзначити, що у мірі розширення робіт в океані, удосконалення їх схем та збільшення масштабів, вимоги до точності геодезичного обґрунтування будуть підвищуватися. Цю тенденцію необхідно

мати на увазі при розробці і створенні нових технічних засобів і методів морської геодезії.

4.3 Морська геодезія – необхідна складова гідрографічних досліджень

У наш час створення геодезичного обґрунтування необхідно практично при будь яких роботах, що провадяться в умовах моря. Цим визначається місце і значення морської геодезії у ряду суміжних з нею наук, предметом вивчення яких є Світовий океан. Таким чином, морська геодезія взаємодіє з гідрографією, навігацією, морською геологією, морською геофізикою, океанографією, океанологією.

При розгляді питання про зв'язок морської геодезії і гідрографії, необхідно відзначити, що колись ці два поняття були синонімами. Ще у 1804р. російський дослідник віце-адмірал Г.А.Саричев використовував термін «морська геодезія» до комплексу робіт з гідрографічного проміру і складанню карт у меркаторській проекції. До сьогоднішніх часів основним завданням гідрографії є отримання картографічних матеріалів для складання навігаційних карт і планів на акваторії океанів, морів, річок і озер, складання лоцій, керівництв для плавання і інших посібників з судноводіння. Практичне значення результатів гідрографічних робіт визначається перш за все забезпеченням безпеки мореплавства. Їх наукове значення визначається вирішенням, зокрема, проблем океанології і т. інше.

Все вищесказане свідчить про тісний зв'язок морської геодезії і гідрографії. У той же час специфічність вирішуваних ними задач обумовлює існуючі між ними відмінності.

Для з'ясування основи і сутності взаємодії морської геодезії і навігації дамо коротку характеристику науки «навігація» та головних її задач. Навігація – ведуча дисципліна у ряді наук з судноводіння. Вона розглядає засоби вирішення задач, пов'язаних: з розробкою програми руху судна; з безперервним слідкуванням за рухом судна і визначенням відхилень параметрів його руху від запрограмованого; з визначенням дійсної траєкторії руху судна і її корекції; з передбаченням положення судна на заданий момент часу; з отриманням інформації, необхідної для виконання маневрування в особливих умовах.

Неважко зробити висновок, що для вирішення усіх перелічених задач необхідна інформація про місце судна і що, відповідно, визначення координат судна, що рухається, є основою морської навігації. Цю ж задачу повинна вирішувати і морська геодезія. Сповна зрозуміле тому широке використання навігаційних засобів і методів у морських геодезичних роботах. Однак тільки навігаційними засобами і методами морська геодезія обмежитися не може, так як розраховані вони на визначення місця лише однієї точки і, як правило, у реальному масштабі часу, тобто на отримання координат на борту судна у процесі виконання вимірів. Ця обставина обумовлює необхідність створення і використання специфічної морської

геодезичної апаратури. Суттєвим у ряді випадків є відмінності у методах ведення геодезичних і навігаційних робіт. Зокрема, геодезичні роботи виконуються, як правило, на локальних акваторіях, де можливо і часто необхідно створювати опору у вигляді єдиної мережі, виконувати контроль взаємного положення і стабільності її пунктів шляхом багаторазового прокладання ходів. У деяких випадках така мережа утворюється положеннями судна у різні моменти часу, зв'язок між якими встановлюється через багаторазово виміряні тим же методом геометричні параметри у вигляді дистанцій, різниці дистанцій, їх прирощень і т. інше. Отримана при цьому надлишкова вимірювальна інформація дозволяє вирішити задачу вирівнювання. Таким чином, і у плані математичної обробки результатів вимірів морська геодезія і навігація мають свої особливості.

З іншими переліченими науками геодезію на морі пов'язує об'єкт вивчення. Якісні характеристики, що отримані за геолого-геофізичними дослідженнями, у сукупності з кількісними, що отримуються за результатами геодезичних вимірів, дозволяють вирішувати задачі, пов'язані з пошуком і розвідкою корисних копалин, робити судження про глибинну геологічну будову Землі і історію її утворення, вирішувати інші наукові і прикладні задачі.

У взаємодії з морською геодезією океанологія і океанографія вивчають різноманітні явища, що протікають у товщі морських вод, морські течії, розвиток рельєфу океанічного дна і його форми, зв'язок океанічних і атмосферних процесів, вплив морського середовища на інженерні споруди. У свою чергу, океанографія і океанологія забезпечують морську геодезію інформацією про фізико-хімічні властивості гідросфери, які необхідні, наприклад, для визначення швидкості акустичних і електромагнітних коливань, для інтерпретації даних водного нівелювання, для визначення відхилень фізичної поверхні океану від рівневої поверхні геоїду і т. д.

5 ГІДРОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ГЕОМОРФОЛОГІЇ

5.1 Рельєфоутворювальні процеси

Одним з фундаментальних досягнень геоморфології є вчення про рельєфоутворювальні процеси. Сутність цього вчення полягає в розкритті явищ, які становлять безпосередню причину виникнення і розвитку різних форм рельєфу.

Розглянемо деякі загальні положення, необхідні для розуміння процесів утворення рельєфу океанічного дна.

Перш за все звертає на себе увагу корінна відмінність в будові материкової і океанічної земної кори, тобто найбільші планетарні форми рельєфу – материки і океани визначаються особливостями геологічної структури, і, відповідно, особливостями геологічних процесів, що протікають у надрах нашої планети.

Однак слід мати на увазі, що геологічні процеси не є єдиною причиною формування рельєфу. Підводний рельєф, також як і рельєф суші, являє собою результат складної взаємодії різних процесів і їх впливу на зовнішню оболонку Землі – літосферу.

Виділяють два основних джерела енергії рельєфоутворювальних процесів. Перше з них пов'язане з внутрішньою енергією Землі і тому отримало назву ендогенних процесів. Джерелом енергії другої групи є зовнішнє середовище, що і дозволило об'єднати їх під назвою екзогенних процесів.

Ендогенні процеси. Безпосереднім джерелом енергії ендогенних процесів є тепло, яке виділяється в результаті гравітаційної диференціації та радіоактивного розпаду речовин, що складають земні надра.

Нагрівання призводить до конвективних переміщень речовини, наслідком яких є тектонічні рухи земної кори.

Розрізняють коливальні, складкоутворювальні та розривні тектонічні рухи.

Вертикальні коливальні рухи вищого порядку охоплюють великі площі і лежать в основі формування планетарних форм рельєфу і вони визначають конфігурацію материків і океанів. Середня швидкість такого роду рухів оцінюється міліметрами на рік, тому вертикальні переміщення земної кори не завжди явні, хоча і можуть встановлюватись, наприклад, за слідами старовинних берегових ліній.

Переміщення менших масивів земної кори відносно одне одного призводить або до деформацій з утворенням різного типу складок, або до розривів і помітного зміщення окремих блоків.

Якщо розриви проникають глибоко у товщу земної кори, то по тріщинах переміщується розплавлена магма. Вилив розплавленої речовини на поверхню земної кори отримав назву вулканізму.

Утворення розломів і переміщення мас в надрах Землі супроводжується поштовхами, які на поверхні проявляються у вигляді землетрусів.

За інтенсивністю ендегенних процесів розрізняють сталі і рухомі області земної кори.

В межах сталих областей на великих площах переважають повільні коливальні рухи. Такий режим властивий рівнинним і низинним ділянкам материків, які отримали назву материкових платформ. Сталі рівнинні ділянки океанічної кори отримали назву океанічних платформ.

Рухомі області земної кори характеризуються інтенсивними і сильно диференційованими рухами, що супроводжуються землетрусами і вулканізмом. Рельєф цих областей складно розчленований і переважно гірський. За суттю – це області сучасного гороутворення.

Розрізняють два типи рухомих областей: геосинклінальний і георифтогенальний.

Геосинкліналі – це рухомі області земної кори, які утворюють перехідні зони між материками і океанами. Вони приурочені до зон острівних дуг, де земна кора відрізняється помітною мінливістю, змінюючись від типово материкової до типово океанічної.

Георифтогеналі – це рухомі області в межах океанів, які утворюють серединно-океанічні хребти. Тут земна кора також має своєрідну будову. Її потужність значно перевищує середню потужність звичайної океанічної кори, а швидкість пружних хвиль помітно більша, чим у базальтовому шарі, і досягає $7.2 - 7.8 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}$. Існує припущення, що це спричинено переміщенням порід базальтового шару з більш густими породами мантиї.

Дуже скорочений розгляд ендегенних процесів дозволяє помітити, що найбільші планетарні форми рельєфу чітко корелюють з типами земної кори і відповідають:

- підводна країна материків – материковим платформам;
- перехідна зона – геосинклінальним областям;
- серединно-океанічні хребти – георифтогенальним областям;
- ложе океану – океанічним платформам.

На останок слід відзначити, що великі (планетарні) форми підводного рельєфу утворені ендегенними процесами протягом довгої геологічної історії, яка включає періоди дуже повільних змін і десятки геологічних революцій.

Екзогенні процеси. За безпосереднім джерелом енергії процеси заведено поділяти на три групи:

- гідрогенні;
- гравітаційні;
- біогенні.

Гідрогенні процеси пов'язані з енергією рухомої води, а саме: вітровим хвилюванням, прибоєм, квазістаціонарними, лрейфовими і хвильовими течіями, припливними явищами, вертикальною циркуляцією, а також

льодоутворенням і переміщенням льоду. Всі ці процеси проявляються перш за все в перенесенні великої кількості твердих і завислих у воді матеріалів на різні відстані з подальшим осіданням там, де швидкість потоків стає низькою.

Загальний щорічний винос в океан різних матеріалів в результаті гідрогенних процесів становить 25 млрд. т.

Нерівномірний розподіл гідрогенних процесів в межах океанів призводить до різної інтенсивності накопичення, переносу і осідання матеріалів, а відповідно, і до різного характеру безпосереднього впливу на рельєф.

Поблизу берега і на мілізні відбувається інтенсивний процес руйнування первинних тектонічних форм рельєфу морськими водами, який отримав назву абразії. Розрізняють механічну, хімічну і термічну абразію.

Механічна абразія – це процес механічного руйнування гірських порід, що складають берег і дно, в результаті ударів хвиль і прибою.

Хімічна абразія проявляється в руйнуванні гірських порід дна шляхом розчину хімічно активними морськими водами.

В процесі термічної абразії руйнуються берега і дно, складені мерзлими породами, в результаті теплового впливу морської води.

Швидкість абразійних процесів залежить від багатьох факторів: складу і ступеня монолітності гірських порід, характеру хвилювання і течій, температурного режиму. На одних ділянках морського дна в результаті цього рельєф нівелюється (вирівнюється), на інших виникають складні форми розчленованого рельєфу.

Подрібнений уламковий матеріал, кількість якого щорічно становить близько 700 млн. т, захоплюється і переноситься течіями і льодом.

За межами мілководної частини океанів на решті площі дна відбувається головним чином накопичення осадів – аккумуляція. В результаті цього первинні ендегенні форми рельєфу вкриваються товщею осадів, що призводить до вирівнювання і спрощення рельєфу на значних площах.

Гравітаційні процеси представляють собою природний перенос твердого матеріалу на низькі рівні в таких районах океанічного дна, де є його значні ухили. Початково накопичений матеріал при виході із стану рівноваги, утворює зсуви, суспензійні або каламутні, потоки і відкладається в низинах на первинному рельєфі, утворюючи конуси виносу, дельтоподібні або горбасто-западинні форми.

Біогенні процеси пов'язані з життєдіяльністю та відмиранням морських організмів. Відомі своєрідні форми рельєфу – коралові рифи, створені впродовж довгої історії морськими організмами у тропічних морях. Живі організми типу каменеточців руйнують гірські породи, а різного виду мулоїди, піскоїди перероблюють ґрунти у своїх організмах, змінюючи їх структуру. Нарешті, повсюдне відмирання організмів приводить до накопичення пухких осадових матеріалів або до утворення на дні великих полів, складених з кремнієвих і вапнякових панцирів.

Таким чином, екзогенні процеси або спрощують, або ускладнюють форми первинного тектонічного рельєфу. При цьому створюються переважно середні та дрібні форми (мезо- та мікрорельєф). Однак при тривалій дії будь-яких однотипних процесів можуть вироблятися окремі макроформи. Прикладом подібного рельєфу може бути Ньюфаундлендський хребет у західній частині Атлантичного океану, утворений стійким процесом виносу і подальшого відкладення осадів придонними течіями. Більше того, одна з найбільших форм підводного рельєфу – материкове підніжжя – також зобов'язане своїм походженням екзогенним процесам, які проявляються тут у відкладах величезних мас пухкого матеріалу.

5.2 Розчленованість земної кори

Зовнішню уяву про рельєф ми отримуємо, спостерігаючи нерівності на поверхні Землі. Такі нерівності проявляються в горизонтальній і вертикальній площинах і отримали тому назву горизонтальної і вертикальної розчленованості рельєфу.

У повсякденній практиці при оцінці складності рельєфу обмежуються виділенням трьох категорій розчленованості рельєфу: нерозчленований, слабо розчленований і сильно розчленований. При вивченні рельєфу ці оцінки виявляються невизначеними і потребують додаткової морфографічної або морфометричної характеристики.

Наочне уявлення про ступінь горизонтальної розчленованості можна отримати, наприклад, за береговою лінією. Кожному відомі такі її ділянки, де на протязі десятків і навіть сотень кілометрів берег дуже рівний і нема жодної бухти. Але зустрічаються і такі береги, що відрізняються великою порізаністю, яка утворюється численними затоками, бухтами, островами і напівостровами.

Оцінюючи планетарні особливості рельєфу нашої планети, ми вже вказували на нерівномірний розподіл суші і океанів, а також на інші особливості їх розташування і форми. Поділ суші водами Світового океану створює найбільші планетарні форми горизонтальної розчленованості: материки і океани. Далі слідує все більш дрібні форми: моря, затоки, протоки, бухти, миси. Утвореннями, які визначають горизонтальну розчленованість, є також острови і напівострови. Площа всіх островів становить 9.9 млн. км², тобто близько 6.5 % площі суші.

Розташовані острови в океанах нерівномірно і в залежності від місцезнаходження поділяються на материкові і океанічні (самостійні).

Материкові острови розташовані переважно в безпосередній близькості від материків на земній корі материкового типу і оточені невеликими глибинами. Вони, як правило, подібні за геологічною будовою і за рельєфом з прилеглими ділянками материків. Серед материкових – усі найбільші острови.

Океанічні острови звичайно невеликих розмірів, розташовані далеко від материків серед великих глибин. У більшості випадків ці острови вулканічного походження. Особливо широко розповсюджені острови такого типу в західній частині Тихого океану і в Атлантичному океані. До океанічних островів відносяться також і численні коралові утворення: атоли, берегові і бар'єрні рифи.

Від масивів суші в океан або море часто виступають значні ділянки земної поверхні, які називають півостровами, і які поділяють на відчленовані і причленовані.

Відчленовані півострови утворюються в результаті опускання окремих ділянок материка і затоплення їх океанічними водами (приклад такого типу – півострів Камчатка).

Причленовані півострови виникають в результаті заповнення вузьких перешийків між материком і островом осадовими матеріалами або річковими наносами (таким утворенням є, наприклад, півострів Крим).

Характерна особливість рельєфу дна Світового океану полягає також в нерівномірності вертикальної розчленованості: в центральних частинах океанів розташовані підводні хребти; найглибші ділянки океанів знаходяться на окраїнах або поблизу материків, або поблизу острівних дуг.

Загальне уявлення про вертикальне розчленування земної поверхні можна отримати за допомогою гіпсографічної кривої (лінія А), наведеної на рис. 5.1. Крива побудована таким чином – по осі абсцис послідовно відкладені площі земної поверхні (у відсотках), що припадають на окремі ступені висот і глибин, а потім отримані точки графіка з'єднані плавною лінією. Гіпсографічна крива фіксує два основних рівні земної поверхні: материковий і океанічний.

За батиметричною відмінністю в межах океану виділяють декілька зон: неритову з глибинами 0 – 200 м, батіальну (200 – 300 м), абісальну (3000 – 6000 м), ультра абісальну (більше ніж 6000 м).

Цим батиметричним зонам відповідають чотири відомі форми підводного рельєфу: шельф (материкова відмілина), материковий схил, ложе океану і глибоководні жолоби. Гіпсографічна крива показує також, що в океані переважають глибини 4000 – 5000 м. Сучасними дослідженнями встановлено, що рельєф океанічного дна не тільки значно перевищує за амплітудою (розмахом) рельєф суші, але і відрізняється більшою складністю, яка не відбивається гіпсографічною кривою.

На тому ж рис. 5.1 пунктирною лінією Б виділено узагальнений профіль дна, який дає наочне уявлення про всі найбільші форми підводного рельєфу. Але і узагальнений профіль не дозволяє уявити реальний рельєф океанічного дна.

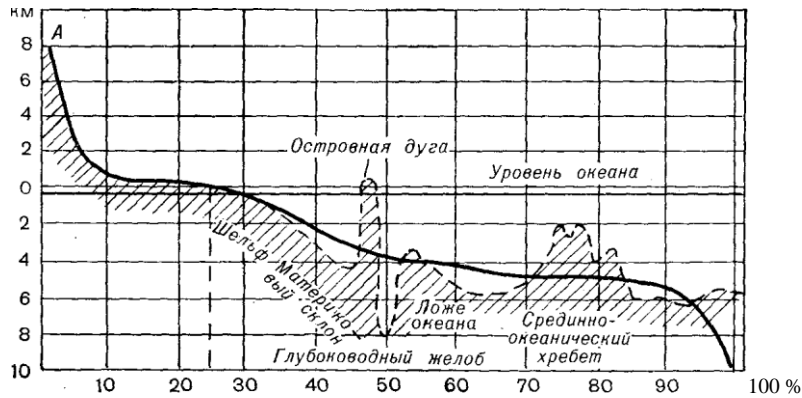


Рис. 5.1. Гіпсографічна крива¹

5.3 Класифікація і стисла характеристика форм підводного рельєфу

Класифікація підводного рельєфу вперше була виконана в 1889 р. на Міжнародному географічному конгресі. У міру накопичення нових даних про підводний рельєф гідрографічні служби різних країн розробляли нові класифікації. Як правило, ці класифікації будувалися на основі лише зовнішніх ознак рельєфу, що безумовно, знижувало їх значущість. Багато сучасних класифікацій підводного рельєфу віддають перевагу не морфографічним або морфометричним ознакам, а генетичним.

Генетичні класифікації в принципі більш фундаментальні і широко використовуються при створенні спеціальних геоморфологічних карт. Морські навігаційні карти несуть переважно морфографічну і морфометричну інформацію. Крім того, слід мати на увазі, що якщо зовнішні форми рельєфу визначаються однозначно, то відносно їх походження часто не має єдиної думки. Мабуть ці причини, поряд зі швидким накопиченням нових даних, не дозволили і до цього часу виробити єдину, всюди прийнятну навігаційно-гідрографічну класифікацію підводного рельєфу, яка б для всіх форм рельєфу передбачала і морфометричні, і генетичні ознаки.

Вище відмічалися найбільш великі, планетарні форми рельєфу, пов'язані з геологічною структурою і типом земної кори, а саме:

- підводна окраїна материків;
- перехідні зони;
- сердинно-океанічні хребти;
- ложе океану.

Нижче наведено стислий опис планетарних форм підводного рельєфу, а в табл. 5.1 наведені їх площі.

¹ Смирнов Г.Н. Океанология: Учеб. для вузов. / 2-е изд. М.: Высш. шк., 1987. 407 с.

Табл. 5.1. Площі планетарних форм підводного рельєфу, млн. км² / %

Океан	Підводні окраїни материків	Перехідні зони	Серединно-океанічні Хребти	Ложе океану
Тихий	18.2 / 10.2	24.0 / 13.5	19.6 / 11.0	116.8 / 65.3
Атлантичний	29.5 / 32.6	4.8 / 5.2	22.3 / 24.6	34.0 / 37.6
Індійський	22.5 / 29.3	1.8 / 2.3	12.9 / 16.8	39.6 / 51.6
Північний Льодовитий	11.3 / 74.6	-	0.5 / 3.0	3.4 / 22.4
Світовий	81.5 / 22.6	30.6 / 8.4	55.3 / 15.3	193.8 / 53.7

Підводна окраїна материків. Підводна окраїна материків займає 22.6 % площі Світового океану і, в свою чергу, поділяється на шельф, материковий схил і материкове підніжжя.

Шельф, або материкова відмілина являє собою мілководну рівнину і в більшості випадків продовжує прилеглі до берега наземні рівнини. Межею шельфу з одного боку служить берегова лінія, а з іншого – крутий згин профілю на переході до материкового схилу, який отримав назву брівки шельфу. В межах усієї площі, зайнятої шельфом, земна кора відноситься до материкового типу.

Рельєф шельфу переважно рівнинний, з невеликими ухілами дна. На загальному фоні плоских або нахилених рівнин зустрічається ряд значних нерівностей – острівних плато, западин, жолобів.

В морфометричному плані заведено характеризувати окремі форми рельєфу деякими середніми показниками, наприклад висотами, розмірами в плані, кутами нахилу.

Для шельфу подібні характеристики представлені такими величинами: середня глибина на бровці 132 м, середня ширина 68 км, середній кут нахилу 7'.

В природі глибина, ширина і нахил шельфу змінюються в широких межах. Так, глибина зовнішнього краю коливається від 50– 60 до 400 – 500 м, ширина – від кількох до 1500 км, кут нахилу – від кількох хвилин до 5 °.

Загальна площа, зайнята шельфом, становить 31081 тис. км². В його будові чітко виділяються три частини: внутрішня, середня, зовнішня.

Внутрішня частина примикає безпосередньо до узбережжя, розповсюджуючись в середньому до глибин приблизно 100 м, і характеризується вирівняним рельєфом, який утворився під дією інтенсивних абразійно-аккумулятивних процесів. Цю частину шельфу називають прибережною відмілиною. Тут виникають швидко змінні форми рельєфу, які дістали назву динамічних. Нерідко в межах прибережної відмілини зустрічаються піщані гряди і ерозійні борозни, створені припливними

течіями і орієнтовані за напрямком цих течій, а також піщані хвилі, орієнтовані нормально до останніх.

Середня частина помітно виділяється на широких шельфах. Вона характеризується найменшими ухілами дна, вирівняною поверхнею і розповсюдженням мулистих ґрунтів.

Зовнішня частина розташована звичайно за межами ізобати 100 м, має більш розчленований рельєф. Форми рельєфу, створені ще в наземних умовах, тут поховані лише частково. Тому найважливіша особливість рельєфу зовнішньої частини відмілини полягає в наслідуванні наземних акумулятивних і ерозійних форм, властивих рельєфу прилеглих окраїн материків.

Різноманіття і складність рельєфу шельфу при відносно малих глибинах змушує з особливою ретельністю і більшими подробицями виконувати тут зйомку й інші види гідрографічних робіт. Між тим, згадувані вище закономірності в розподілі і утворенні рельєфу шельфу вказують на можливість орієнтовного прогнозування підводних форм за відомими береговими формами і геологічною структурою прилеглих ділянок суші.

У гідрографічному відношенні шельф на цей час є найбільш вивченою ділянкою дна Світового океану. Це пояснюється головним чином історично сформованими потребами, а також характером розвитку засобів для вивчення рельєфу.

Материковий, або континентальний, схил є частиною підводної окраїни материка, розташованої між шельфом і материковим підніжжям. В зоні материкового схилу земна кора переважно материкового або перехідного типу. Вважають, що материковий схил являє собою область великих напруг земної кори. Відомо, наприклад, що велика кількість центрів землетрусів, які знаходяться в Світовому океані, припадає на зону материкового схилу: тут часто відбуваються різкі переміщення дна, які спричиняють колосальні зміни підводного рельєфу.

Найбільш характерна загальна риса материкового схилу полягає в різкому ухилі його поверхні в бік ложа океану. Середні морфометричні показники для схилу визначаються такими величинами: середня глибина зовнішнього краю 3600 м, середня ширина – 70 км, середній ухил - $3^{\circ}26'$.

Реальні морфометричні показники різних ділянок схилу коливаються в широких межах: глибина від 2 до 5 тис. м, ширина від 12 до кількох сот кілометрів, а крутість від 2° до 25° і більше. Біля берегів вулканічних і коралових островів, а також поблизу берегів, складених корінними породами, крутість досягає навіть $40-45^{\circ}$ (фьорди Норвегії, Біскайська затока). Найбільш пологий схил зустрічається на ділянках, прилеглих до гирл великих рік. Поверхня дна тут має порівняно однорідний характер, а крутість схилу близька до 2° . Верхня частина схилу має звичайно велику крутість, яка досягає в середньому $4^{\circ}30'$. При переході материкового схилу до ложа кут нахилу нерідко зменшується переважно за рахунок накопичення матеріалу підводних зсувів.

Рельєф схилу відрізняється складною будовою і нагадує гірські країни суші. Тут перш за все виділяються хребти схилу.

Хребтами схилу називаються позитивні форми рельєфу, які характеризуються загальним падінням в бік ложа океану. Однак зустрічаються гребені, які беруть початок в межах материкової відмілини і мають продовження у ложе океану.

Своєрідною формою рельєфу материкового схилу є також глибокі, зі стрімкими стінами, каньйони. На відміну від підводних долин каньйони мають дуже великий кут падіння і являють собою глибокі тріщини на поверхні схилу. Поперечний профіль каньйонів має V-подібну форму, а продольний залежить від характеру і крутості материкового схилу. Підводні каньйони широко розповсюджені у Світовому океані. Особливо велика кількість каньйонів виявлена на материковому схилі Атлантичного узбережжя Північної Америки, в Беринговому, Чорному і Середземному морях.

Слід мати на увазі, що материковий схил у гідрографічному відношенні вивчений недостатньо. Більш того, ще порівняно недавно вважали, що материковий схил є єдиним типом переходу від материків до ложа океану. Сучасні дослідження показали, що цей простий перехід не є загальним і в багатьох районах існує інший, дуже складний тип переходу – зони острівних дуг.

Материковим підніжжям називається нахилена слабо хвиляста смуга дна, що примикає до материкового схилу на глибинах до 5 км і яка відділяє його від ложа океану. Загальна площа материкового підніжжя становить 25902 тис. км², а середня ширина – кілька сотень кілометрів. Найбільш характерною особливістю материкового підніжжя є потужний шар осадів (в основному теригенного походження), під яким залягає кора материкового типу.

Рельєф підніжжя являє собою акумулятивні рівнини, розчленовані руслами суспензійних потоків, конусами виносу, долинами.

Перехідна зона. Під терміном перехідна зона розуміють області сучасного горотворення (геосинклінальні області), розташовані на стику океанів і материків. Цим водночас підкреслюються дві сторони явища: вказані області розташовані між океанами і материками, тут же відбувається перебудова материкового типу земної кори на океанічний. Площа океанічного дна, зайнятого перехідною зоною, становить близько 30.6 млн. км².

Найбільш відома перехідна зона у західній частині Тихого океану. Структурно вона складається з трьох частин: котловини окраїнного моря, острівної дуги і глибоководного океанічного жолоба. Земна кора, яка підстилає котловини окраїнних морів і глибоководні жолоби, відрізняється від океанічної тільки наявністю більш потужного шару осадів. Під острівними дугами кора тришарова: в ній з'являється гранітний шар.

Котловини окраїнних морів являють собою поєднання рівнинного рельєфу з уступами, підводними вулканами, долинами і височинами.

Острівними дугами називаються підводні хребти, витягнуті на значні відстані (1500 – 2000 км), які мають в плані дугоподібну форму і які виходять на поверхню океану найбільш високими частинами у вигляді вигнутих ланцюгів островів. В межах острівних дуг інтенсивно проявляється вулканізм і землетруси.

Глибоководні океанічні жолоби це найглибші, вузькі і довгі тріщини в корі зі стрімкими схилами. Поперечний профіль жолоба близький до V-подібної форми. В плані жолоби повторюють обриси прилеглої острівної дуги, дно у них звичайно пласке за рахунок осадів. Ширина жолобів не перевищує 150 км, довжина досягає тисячі кілометрів, а глибина звичайно більша за 6000 м. На цей час відомо 32 глибоководних жолоби, 27 з яких знаходяться в Тихому океані. Найбільша глибина Світового океану виміряна океанографічним судном «Витязь» в межах Маріанського жолоба і становить 11022 м.

Серединно-океанічні хребти. Особливе місце в обрисах підводного рельєфу займають серединно-океанічні хребти.

Серединно-океанічний хребет являє собою широке, роздрібнене підняття океанічної кори, вісь якого приурочена часто до середньої лінії океанів. Серединні хребти океанів утворюють безперервний ланцюг, загальна довжина якого більша ніж 75 тис. км, і займають площу, що дорівнює 55.3 млн. км². Найбільш вивчений хребет Атлантичного океану розташований на площі, яка становить майже третину його дна.

Серединно-океанічні хребти мають особливу будову земної кори і є рифтогенальними областями. Тут відмічається підвищена сейсмічність, вулканізм і своєрідні геофізичні процеси.

Серединно-океанічні хребти мають також специфічні морфографічні і морфологічні ознаки. У поперечному розрізі - це вали шириною від кількох сотень до 1.5-2 тис. км зі складно розчленованими схилами. В осьовій зоні валу розрізняються два паралельних хребти, розділені глибокими низинами, які отримали назву рифтових долин. Відповідно хребти, що оточують цю долину, названі рифтовими горами, а вся осьова зона (долина і гори) – рифтовою зоною. Деякі гори на схилах зони утворюють острови. На всьому протязі серединно-океанічні хребти розбиті на частини поперечними розломами, по яких окремі їх ланки зміщені відносно одна одної на десятки і навіть сотні кілометрів.

Ложе океану. Ложем океану називають область океанічного дна, що лежить за межами материкового схилу і глибоководних жолобів на глибинах більших за 3000 м.

Площа ложа океану дорівнює 193.8 млн. км², що становить майже 54 % площі Світового і близько 40 % поверхні Землі. В межах ложа океану переважає океанічний тип кори. В тектонічному відношенні – це область океанічних платформ. Загальний вигляд ложа океану в цілому являє собою

великокомірчасту структуру, створена поєднанням грандіозних котловин з хребтами, що їх розділяють, та височинами.

Котловини. Океанічна котловина – це велике пониження ложа океану, обмежене підняттями або підводною окраїною материка. Дно котловин розташовується на глибинах більших за 5000 м і являє собою вирівняні поверхні. Котловини властиві рельєфу ложа всіх океанів. Вкажемо деякі з них: Бразильська, Канарська, Беллінсгаузена, Перуанська, Макарова, Нансена. В межах котловин зустрічаються два типи рельєфу: абісальні пласкі рівнини і рівнини з горбастим рельєфом (абісальні горби).

Абісальні рівнини являють собою майже ідеально вирівняні площі з ухилом менших ніж 1'. Тут первинний тектонічний рельєф похований під потужним шаром осадів.

Рівнини з горбастим рельєфом – це ділянки плаского дна, покриті куполоподібними підняттями висотою в середньому близько 300 м, які отримали назву абісальних горбів. Реальні висоти горбів коливаються в межах 50-500 м при поперечниках від 1 до 10 км.

Абісальні горби більш за все розповсюджені в Тихому океані і займають близько 85 % площі його дна.

Хребти. Великими позитивними формами рельєфу ложа океану є витягнуті хребти. Серед хребтів вкажемо перш за все на вали.

Валами називають широкі лінійно витягнуті підняття дна значного протягу, які характеризуються пологими схилами, що поступово переходять у рівнину. Їх ширина досягає сотень миль, а висота 4-5 км. Вздовж гребенів таких хребтів нерідко утворюються ланцюги островів з вулканічними вершинами. Найбільш відомий серед хребтів цього типу Гавайський.

Своєрідні позитивні форми утворюються валоподібними підняттями дна, які несуть на собі гори з пласкими вершинами. Такі гори називають столовими, або гайотами.

Іншого вигляду надають рельєфу дна глибові хребти, спряжені з системою розломів. Тут вздовж ліній розломів розташовані вузькі і короткі хребти і такі ж вузькі западини або ланцюги вулканів.

Грандіозні розломи відомі в Тихому океані: Мендосино, Меррей, Кларіон, Кліпертон і ін.

Підвищення (возвышенности). Ізометричні океанічні підвищення також нерідко зумовлені розломами і являють собою ділянки океанічного дна, які були помітно підняті. Серед підвищень виділяються перш за все плато.

Підводними плато називаються підвищення, які характеризуються пласкою або пологою хвилястою поверхнею і які відділяються від сусідніх рівнинних ділянок відносно стрімкими схилами. Багато великих плато дістали власні назви: Бермудське, Азорське, Ріо-Гранде, Крозе, Кергелен і ін.

На дні котловин і на плато зустрічаються численні підводні гори, які представляють собою окремі значні підвищення дна куполоподібної, конічної або неправильної форми з порівняно стрімкими схилами і висотою більшою за 1000 м.

Розглянуті в цьому розділі форми підводного рельєфу не вичерпують всього їх різноманіття, а відносяться лише до найбільш розповсюджених і найбільш вивчених. Навіть короткий опис цих форм дозволяє зробити висновок про те, що деякі з них можна було б використати в якості підводних орієнтирів для визначення місця при плаванні в океані. Зрозуміло, що до підводних орієнтирів можуть відноситися лише такі форми рельєфу, які різко відрізняються від оточуючих і легко можуть бути розпізнаватись сучасними гідроакустичними системами. Тобто, з цією метою можна використати лише характерні форми рельєфу.

Під характерними формами умовилися розуміти такі ділянки океанічного дна, які є різкими підняттями або западинами протяжністю від кількох миль до десятків миль, а також ділянки великої протяжності, але які характеризуються різким розчленуванням рельєфу.

За морфометричними ознаками характерні форми рельєфу поділяють на два основних типи:

- **локальні форми** – окремо розташовані мезоформи підводного рельєфу;

- **регіональні форми** – області дна з різко розчленованим рельєфом, але без окремих форм, що виділяються (абісальні горби, передгір'я хребтів, пасма підводних гір, ділянки материкового схилу великої крутості).

Характерними мезоформами рельєфу дна є підводні вулкани, підводні гори, горби і каньйони.

6 ТОПОГРАФІЧНІ РОБОТИ. ОКРЕСЛЕННЯ БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ

Топографо-геодезичні роботи по забезпеченню безпеки мореплавства проводяться з метою отримання навігаційно-гідрографічної інформації для створення і коректури навігаційних карт, керівництв і посібників для плавання.

Основними завданнями топографо-геодезичних робіт є:

- підтримання на рівні сучасних вимог зображення берегової смуги (лінії) на морських навігаційних картах і планах;
- визначення (контроль) координат берегових засобів навігаційного обладнання, інженерно-технічних споруд та інших об'єктів, що мають значення навігаційних орієнтирів;
- визначення координат пунктів встановлення базових станцій GPS, пунктів калібрування мобільних станцій GPS промірного гідрографічного комплексу.

Головною геодезичною основою гідрографічних робіт і топографічних зйомок берегової смуги всіх масштабів з метою складання морських навігаційних карт є:

- у плановому відношенні – пункти Державної геодезичної мережі I-IV класів;
- у висотному відношенні – знаки Державної нівелювальної мережі I-IV класів і пункти Державної геодезичної мережі всіх класів.

Як плану основу можна використовувати пункти геодезичних мереж згущення 1 і 2 розрядів.

На основі пунктів Державної геодезичної мережі і знаків Державної нівелювальної мережі розвивають знімальну геодезичну мережу.

При згущенні геодезичних мереж для забезпечення гідрографічних робіт і топографічних зйомок застосовують загальні геодезичні методи визначення планового положення пунктів: триангуляцію, полігонометрію, трилатерацію і засічки.

Топографічну зйомку берегової смуги, що входить до комплексу гідрографічних робіт із обстеженням прибережних районів, виконують у масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000 і 1:25000 у поперечній рівнокутовій циліндричній проекції Гаусса, що обчислюється у триградусних (для масштабів 1:500 – 1:5000) або у шестиградусних (для масштабів 1:10000 і 1:25000) зонах у системі координат 1942 р. (СК-42) і в Балтійській системі висот 1977 р.

Загалом, топографічну зйомку виконують у вигляді суцільної зйомки берегової смуги, ширина якої залежно від масштабу зйомки становить:

- 50 – 100 м – для масштабу 1:500;
- 100 – 150 – для масштабу 1:1000;
- 150 – 200 – для масштабу 1:2000;
- 250 – 300 – для масштабу 1:5000;
- 300 – 350 – для масштабів 1:10000 і 1:25000.

При топографічній зйомці забудованих територій (баз, портів, порто пунктів тощо) ширина смуги зйомки може відрізнятись від показаної вище і визначається технічним проектом (завданням).

В окремих випадках замість топографічної зйомки берегової смуги роблять зйомку тільки берегової лінії і окремих об'єктів узбережжя, які безпосередньо прилягають до неї і які мають важливе значення для забезпечення безпеки мореплавства. Це можливо, якщо:

- на район гідрографічних робіт є сучасні топографічні карти (плани) відповідних масштабів;
- за фізико-географічними умовами район належить до важкодоступних або важкопрохідних;
- у разі необхідності виконання робіт у скорочений термін і за умови, що це передбачено технічним проектом (завданням).

Результати топографічної зйомки берегової смуги (лінії) можуть надатись у графічній і цифровій формах разом з матеріалами гідрографічних робіт.

Середні похибки у положенні об'єктів відносно найближчих пунктів знімальної мережі на планшеті топографічної зйомки не повинні перевищувати:

- 0.3 мм – для характерних точок (різких вигинів) берегової лінії, чітко виражених контурних точок і місцевих предметів, що мають значення орієнтирів;
- 0.5 мм – для достовірної берегової лінії, чітко виражених контурів і місцевих предметів, що не мають значення орієнтирів;
- 0.7 мм – для недостовірної (невизначеної) берегової лінії, яка чітко відстежується на низинних берегах (у плавнях, болотах тощо), контурів рослинного покриву і ґрунтів, що не мають чітких обрисів.

Для переходу від середніх похибок (Δ) до СКП (m) використовують коефіцієнт 1.25, зокрема: $m = 1.25 \Delta$.

Основними видами топографічної зйомки берегової смуги є аерофотографічна і мензульна зйомки.

Аерофотографічну зйомку виконують комбінованим або стереотопографічним методом. Комбінований метод застосовують для зйомки плоско рівнинних і рівнинних ділянок узбережжя значної протяжності зі слабо вираженими формами рельєфу, які стереоскопічно погано проглядаються на аерофотознімках. Стереотопографічний метод застосовують для топографічної зйомки рівнинних, горбкуватих і гірських ділянок узбережжя.

При топографічній зйомці невеликих ділянок берегової смуги, коли виконання аерофотозйомки економічно недоцільне або утруднене, застосовують мензульну, тахеометричну і теодолітну зйомки.

При цьому тахеометричну зйомку як основну застосовують при зйомці вузьких ділянок узбережжя і при зйомці берегової лінії. Тахеометричну

зйомку виконують електронними тахеометрами та оптичними теодолітами із встановленими на них світловіддалемірами.

В усіх випадках топографічну зйомку берегової смуги (лінії) у масштабах 1:500, 1:1000, 1:2000 і 1:5000, проведена з метою створення морських навігаційних карт, виконують за технологією і згідно з вимогами Інструкції з топографічної зйомки ГКНТА-2.04-02-98.

Усі відхилення від вимог Інструкції необхідно обґрунтовувати у технічному проекті (завданні) на виконання гідрографічних робіт.

6.1 Класифікація і короткий опис морських берегів

Характерний зовнішній (наймолодший вид підводного рельєфу являє собою берегова лінія.

Береговою лінією називають межу, по якій водна поверхня пересікається із сушею. Положення берегової лінії не зостається незмінним. Якщо навіть не враховувати тектонічні коливання, то відомі короточасні переміщення берегової лінії в результаті змін рівня моря під дією припливів, згонів і нагонів, хвилювання. Помітних переміщень зазнає берегова лінія на ділянках з інтенсивними процесами розмиву або акумуляції.

Таким чином, під береговою лінією розуміється деяке середнє положення межі між морем і сушею на даний момент.

На навігаційних морських картах для морів, де величина припливу менша ніж 0.5 м, берегова лінія відображається однією рисою, що відповідає границі води при **середньому рівні моря**.

Для морів з величиною припливів більшою за 0.5 м берегова лінія відображається двома рисами: одна з них проводиться по межі води при найнижчому рівні і представляє, таким чином, межею осушки, а друга відповідає рівню **найповнішої води** і є власне береговою лінією.

Довжина сучасної берегової лінії Світового океану становить приблизно 777 тис. км.

Смуга суші, що безпосередньо примикає до берегової лінії і рельєф якої формується під дією морських хвиль при сучасному середньому рівні, називається **берегом**.

Узбережжям називають частину суші, яка межує з берегом. В межах узбережжя форми рельєфу створювалися морем при давніх, більш високих рівнях води.

Прибережна смуга моря, де проявляється активна рельєфоутворююча роль хвилювання, називається **підводним береговим схилом**. Берег і підводний береговий схил становлять **берегову зону**.

В межах берегової зони найбільш активно протікають сучасні процеси взаємодії суші і моря, тобто абразія й акумуляція. Абразія руйнує або розмиває береги, а в результаті акумуляції відбувається накопичення уламкових і пухких матеріалів. Абразія і акумуляція – це основні екзогенні фактори, що визначають форми рельєфу в береговій зоні. Однак помітну

роль у формуванні берегів можуть виказувати також інші процеси: припливи, течії, термічний вплив води, життєдіяльність морських організмів.

У відповідності з переважним впливом тих або інших процесів розрізняють два основних типи морських берегів – абразійні і акумулятивні. При цьому слід мати на увазі, що під типом умовилися розуміти поєднання берегових форм рельєфу, що мають подібний вигляд, будову, походження і мають закономірність повторюватися на визначеному протязі.

Для **абразійних берегів** характерний крутий високий уступ, складений корінними породами і утворений в результаті руйнівної роботи хвиль. Такий уступ називають береговим обривом. При подальшому розвитку берегового обриву відбувається накопичення уламкового матеріалу безпосередньо біля підніжжя, і тоді зароджується пляж. Пляж являє собою активну частину берега, яка перебудовується при кожному хвилюванні.

Для **акумулятивних берегів** характерні широкі пляжі, берегові вали, коси, низьке узбережжя.

Береги океанів і морів відрізняються великою різноманітністю, завдяки складній взаємодії тектонічних рухів, абразії й акумуляції.

Найбільш явні відмінності берегів за зовнішніми морфографічними ознаками. Так, за **гіпсометричним рівнем** виділяють низинні, високі і гірські береги (пологі, урвисті і прямовисні).

За **батиметричним рівнем** берегового схилу розрізняють приглибі і відмілі береги.

За **обрисами берегової лінії** їх поділяють на прямолінійні, вирівняні, звивисті, подвійні й острівні.

Прямолінійний берег не має вигинів на значних відстанях. При цьому до прямолінійних берегів можуть відноситись як високі круті береги, так і низинні відлогі.

Вирівняний берег відрізняється плавною дугоподібною формою берегової лінії і звичайно низинним пляжем, за яким ідуть круті схили височин, складених твердими гірськими породами.

Звивистий берег складається з низки близько розташованих одна біля одної бухт і заток. Якщо відстань між сусідніми бухтами перевищує ширину входу до бухти не більше чим у 10 разів, тоді такі береги називають бухтовими.

Подвійні береги утворюються там, де паралельно основному (корінному) берегу простягаються коси і відмілини.

Острівні береги виділяють за великою кількістю островів і скель, що тягнуться паралельно основній береговій лінії.

Обриси берегової лінії і будова берегової зони визначаються геологічними особливостями району і вертикальними переміщеннями в результаті тектонічних рухів земної кори або екстатичними коливаннями рівня.

В якості початкового етапу в розвитку сучасних берегів вважають час закінчення післяльодовикової трансгресії, який настав 5-6 тис. років тому. Далі затоплений рельєф перероблявся під дією екзогенних процесів.

Класифікація берегів, яка використана в Атласі океанів, в залежності від ступеня змін початкових берегів виділяє три основні групи:

1. Мало змінені морем береги, які зберігають форми рельєфу, утворені тектонічними і субаеральними процесами;
2. Береги, на яких рельєф формується під дією переважно не хвильових процесів;
3. Береги, які формуються переважно хвильовими процесами.

Кожна з перелічених груп поділяється на підгрупи в залежності від стадії розвитку берега і співвідношення між ступенем впливу абразійних і акумулятивних процесів. За цими ознаками в групах виділяють підгрупи і види берегів.

Розглянемо деякі типи та їх опис.

Фьордовий берег характеризується численними вузькими, звивистими і глибокими затоками (фьордами), які вдаються в сушу на десятки кілометрів. Такий берег має круті, часто прямовисні схили, складені твердими гірськими породами. Фьордові береги широко розповсюджені на Скандинавському півострові, на півночі Кольського півострова і на островах Нової Землі.

Шхерний берег вирізняється складним рельєфом. Для нього типова наявність численних заток неправильної форми зі скелястими берегами. В затоках і вздовж берега розташована велика кількість невисоких і невеликих островів, розсіяні численні підводні скелі, мілини і банки. Шхерні береги широко розповсюджені у Фінській і Ботнічній затоках Балтійського моря.

Далматинський берег отримав свою назву від узбережжя Далмації в Адриатичному морі. Зовнішньо цей берег характеризується витягнутими паралельно загальному напрямку численними островами, півостровами, затоками і протоками. При цьому всі береги складені корінними породами і відрізняються великою крутизною.

Ріасовий берег характеризується значною розчленованістю і утворюється там, де гірські хребти підходять до берега майже за нормаллю. Після опускання суші море затопило численні долини і перетворило їх на витягнуті клиноподібні затоки. Прикладом ріасового берега може бути затока Петра Великого і Севастопольська бухта. Найбільш розвинені береги ріасового типу в Іспанії, де клиноподібні затоки носять назву ріа.

Вирівняний берег характеризується незначною звивистістю берегової лінії і низовинним пляжем, до якого з боку суші можуть примикати круті схили височин, складених твердими породами. В залежності від переважних рельєфоутворюючих процесів вирівняні береги можуть суттєво відрізнятися зовнішнім виглядом. Якщо переважає тектонічне підняття і на поверхню виходять скелясті ділянки берегового схилу, які стають пляжем, берегова лінія виглядає як плавна крива великого радіуса. Береги цього типу

характерні для південно-східної частини Чорного моря і Кольського півострова.

Лиманний берег подібний до ріасового, але утворюється при затопленні морем ділянок річкових долин. Утворені таким чином затоки називаються лиманами.

Дельтовий берег утворюється при впадінні великих річок в море і являє собою подрібнене численними протоками і рукавами низинне узбережжя. Окремі ділянки такого узбережжя нагадують грецьку букву Δ (дельта), що і стало основою для назви берега. Характерним прикладом такого берега є дельти (гирла) річок Волга або Ніл.

Кораловий берег облямований кораловим рифом. Коралові будови або впритул примикають до берега, утворюючи береговий оточуючий риф, або знаходяться на деякій відстані від берега, започатковуючи бар'єрний риф. Береги коралового типу зустрічаються тільки в тропічних і субтропічних морях. Яскравий приклад – Великий бар'єрний риф біля узбережжя Австралії.

Мангровий берег утворюється також лише біля узбережжя тропічних морів. Там, де до берегової лінії підступають густі мангрові ліси, відбувається швидкий розвиток акумулятивного берега і висунання його в бік моря. Це пов'язано з накопиченням наносів під покривом повітряних коренів дерев при відпливі.

6.2 Обстеження динаміки екзогенних процесів (зсувних/намивних) на території маячних баз, топографічна зйомка, виміри глибин

Досліджувана ділянка розташована на косі Бугаз по фронту Дністровсько-Цареградського маяка (п/п Бугаз) (див. рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 - Район дослідження динаміки екзогенних процесів.

Коса складається з тонкозернистого кварцового піску з ракушей. Значні площі цих пісків перекриті привізним лесовидним суглинком. На березі досліджуваної ділянки перебуває кілька металокопункцій, які ідентифікували як старі баржі (див. рисунок 6.1).

У порівнянні з минулим 2011 роком у береговій рисі відбулися зміни (див. таблицю 6.1).

Таблиця 6.1 - Зміна берегової лінії й уздовжберегових глибин на досліджуваній ділянці

№ п/п профілю	Зміна ширини пляжу, м.	Зміни глибин підводного схилу, м.	
		min зміни	max зміни
1	+11	-0,3	-1,5
2	+11,9	-0,4	-1,1
3	+11,3	-0,1	-1,2
4	+8,3	-0,4	-0,7
5	+4,4	-0,3	-0,7
6	+1,8	-0,4	-0,5
7	-0,3	-0,4	-0,5
8	-3,0	-0,2	-0,2
9	+8,8	-0,1	-0,1
10	+5,5	-0,1	-0,2
11	+2,4	-0,1	-0,2
12	-1,0	-0,1	-0,2
13	-3,5	-0,1	-0,1
14	-7,3	0	-0,1
15	-8,7	0	0
16	-9,0	0	+0,2
17	-8,5	-0,1	+0,1
18	-9,7	0	+0,3
19	-8,4	0	+0,4
20	-10,7	-0,1	+0,2
21	-12,4	0	-0,2
22	-14,3	0	-0,3
23	-16,7	0	-0,3
24	-16,5	-0,4	-0,4
25	-12,4	-0,3	-0,5
26	-1,8	-0,1	-0,4

У більшій своїй частині спостерігається зменшення пляжу в середньому на 9 – 12 м, виключенням являють собою профілі з 1 по 6 і з 8 по 11, на яких проглядається акумуляція наносів, і в наслідку збільшення пляжу в середньому на 6 - 8 м.

У порівнянні з 2011 роком на всій акваторії ділянки відзначене зменшення глибин у середньому 0,2 – 0,5 м, найбільше зменшення глибини відзначене на першому профілі – 1,5 м. На підводному схилі (профілю 2 - 6) на відстані 50 – 60 м від урізу спостерігається поглиблення 0,2 – 0,4 м

шириною -10 м. У цілому можна зробити висновки, що акваторія ділянки динамічна й піддана постійним змінам, які в основному залежать від 2-х факторів:

1. Вітро-хвильовий вплив. В основному сезонне – узимку пляж розмивається, улітку наливається;
2. Народно-господарська діяльність. Проведення днопоглиблювальних робіт - у безпосередній близькості розташований підхідний канал Дністровсько-Цареградського гирла, а так само несанкціонований забір піску на пляжах (злодійство).

Досліджувана ділянка розташована на стрімчастому, абразіоном берегу по фронту вогню Бурнас у с. Лебедівка (див. рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 Район дослідження динаміки екзогенних процесів

Висота обриву становить у середньому 8 – 11 м. Береговий обрив складений із червоно-бурої глини й льосовидних суглинків.

Пляжна смуга на досліджуваному в порівнянні з 2011 роком збільшилася в середньому на 4 - 5 м, найбільша акумуляція пляжу спостерігається на профілі №18 і становить 7,9 м (див. таблицю 6.2). Пляж складений піском з домішкою ракушки.

У підводному схилі в порівнянні з 2011 роком по всій досліджуваній ділянці спостерігається невелике збільшення глибин у середньому на 0,2 м (див. таблицю 6.2).

Таблиця 6.2 Зміна берегової лінії й уздовжберегових глибин на досліджуваній ділянці

№п/п профілю	Зміна ширини пляжу, м.	Зміни глибин підводного схилу, м.	
		мін зміни	маж зміни
1	+4,6	+0,2	+0,3
2	+4,85	+0,2	+0,3
3	+4,5	+0,1	+0,2
4	+4,3	+0,2	+0,2
5	+4,5	+0,1	+0,2
6	+4,2	+0,1	+0,2
7	+4,2	+0,1	+0,2
8	+3,9	+0,1	+0,2
9	+3,7	+0,1	+0,3
10	+3,0	0	+0,3
11	+3,3	+0,2	+0,3
12	+3,8	+0,1	+0,2
13	+4,3	+0,1	+0,2
14	+4,2	+0,1	+0,1
15	+3,8	+0,1	+0,2
16	+7,0	0	+0,2
17	+7,7	0	+0,2
18	+7,9	+0,1	+0,2
19	+6,7	+0,1	+0,2
20	+5,8	+0,1	+0,2
21	+4,0	0	+0,2
22	+4,0	0	+0,2
23	+3,9	+0,2	+0,3
24	+2,9	+0,1	+0,2
25	+3,0	+0,1	+0,3
26	+2,3	0	+0,3
27	+2,45	+0,1	+0,2
28	+2,0	+0,2	+0,2
29	+3,2	0	+0,2
30	+2,8	+0,1	+0,3
31	+3,4	0	+0,2
32	+3,2	+0,1	+0,3
33	+2,6	+0,1	+0,2
34	+3,2	+0,1	+0,2
35	+3,8	+0,1	+0,3
36	+3,6	+0,1	+0,3
37	+5,0	+0,1	+0,3
38	+3,7	+0,1	+0,2
39	+2,6	0	+0,2
40	+4,0	+0,1	+0,2

Досліджувана ділянка розташована по фронту маяка Будаки
(див. рисунок 6.3)

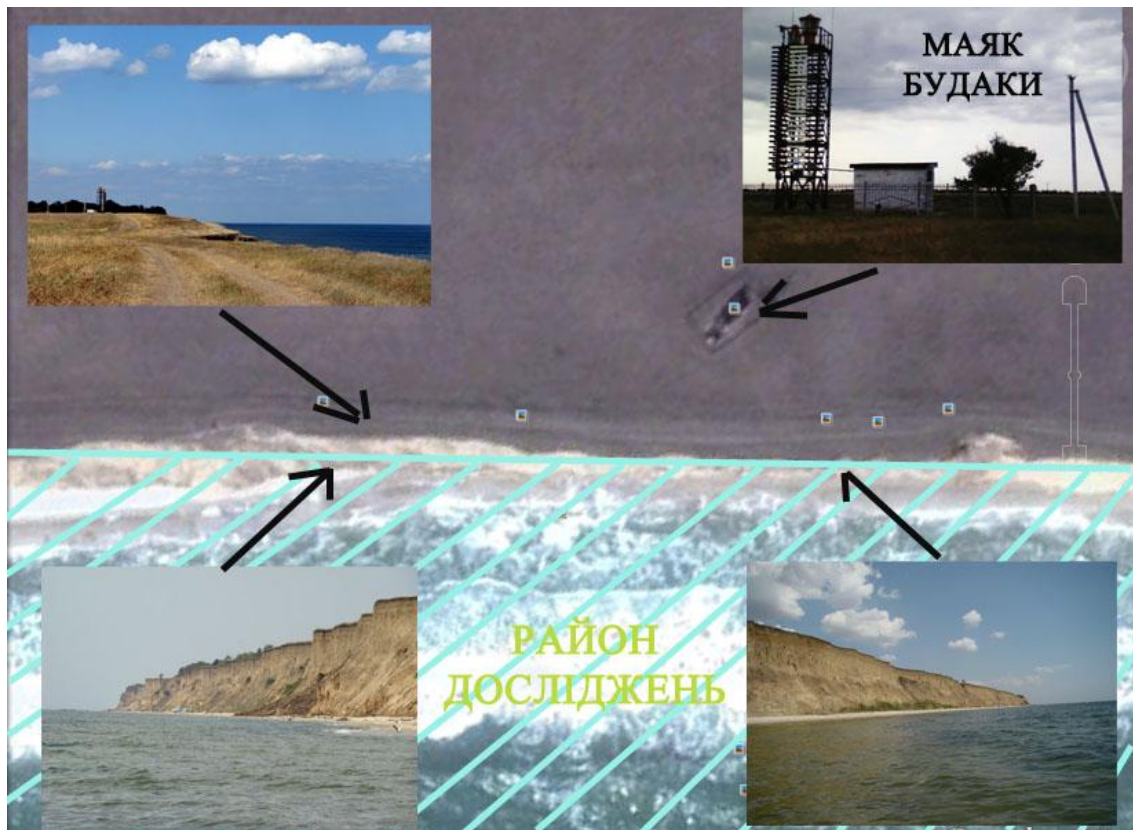


Рисунок 6.3 Район дослідження динаміки екзогенних процесів

Узбережжя абразивно-обвального типу із чітко вираженим кліфом, складене із червоно-бурої глини й льосовидних суглинків.. У приурізній частині піщаний пляж шириною 25 – 30 м, складений піском з домішкою ракушки. У морфометрії берега відбулися переміни (у порівнянні з 2011 роком), що виразилося в збільшенні пляжної смуги в середньому на 3 м, виключенням є ділянка з 8 по 12 профіль, на якому спостерігається розмив пляжу в середньому на 0,8 м (див. таблицю 6.3).

У підводному схилі спостерігаються підводні вали. Зміна глибин пов'язана з появою й трансформацією підводних валів. У порівнянні з минулим роком відбулося збільшення глибин у середньому на 0,2 м, максимальне збільшення спостерігається на 22 профілі 0,5 м (див. таблицю 6.3).

Таблиця 6.3 Зміна берегової лінії й уздовжберегових глибин на досліджуваній ділянці

№п/п профілю	Зміна ширини пляжу, м.	Зміни глибин підводного схилу, м.	
		min зміни	max зміни
1	+3,8	0	+0,3
2	+4,2	+0,1	+0,2
3	+4,6	-0,1	+0,3
4	+3,4	+0,1	+0,3
5	+1,7	+0,1	+0,3
6	+1,5	+0,1	+0,3
7	+0,1	0	+0,2
8	-0,5	+0,1	+0,3
9	-0,9	-0,2	+0,3
10	-0,9	-0,1	+0,2
11	-1,25	-0,1	+0,3
12	-0,5	-0,2	+0,2
13	+0,2	+0,1	+0,3
14	+1,2	-0,1	+0,2
15	+2,4	-0,1	+0,2
16	+3,4	-0,1	+0,3
17	+4,0	0	+0,3
18	+5,4	0	+0,2
19	+5,4	+0,1	+0,2
20	+4,8	+0,2	+0,2
21	+4,1	+0,1	+0,2
22	+4,4	+0,1	+0,5
23	+3,0	+0,1	+0,3
24	+3,5	0	+0,2
25	+3,3	+0,1	+0,2
26	+2,9	+0,2	+0,2

Корінний берег відступає, руйнування відзначаються по всій ділянці. У зимовий період відбувається осідання кліфу, що може привести в наступні роки до збільшення пляжу. Це явище відбувається кожні 3-4 роки. Після обвалення вся маса порід спрямовується вниз, збільшуючи пляжну смугу. Потім породи розмиваються морем, в основному при східних, південно-східних, південно-західних вітрах, що приводить до зменшення пляжної смуги.

Топографічна зйомка узбережжя Одеси. Загальна довжина берегової лінії Одеси — 30 км. Довжина пляжів від Чорноморки до Санжейки - близько 20 км, площа - 42,65 га, у тому числі 23,7 га - штучні пляжі, наміті в рамках боротьби зі зсувами. Природні пляжі перебувають тільки в районах Лузановки й Чорноморки. Довжина берегозахисних споруджень - 13,5 км. Щорічно шторми вимивають з пляжів до 5 % піску.

Більшість пляжів штучні, насипані в 1960-і й 1970-і рр. з піску, добутого земснарядами в затоці. Раніше берегова лінія Одеси являла собою

вузьку смужку з піском і камінням, над якою піднімався стрімкий, як правило, обрив.

Що цікаво, будували пляжі аж ніяк не для туристів. Одеса регулярно губила частину своєї території через обвали берега в море. Хвилі підточували обриви, їм допомагали ґрунтові води. Тому довелося провести цілий комплекс заходів. Насамперед, обриви були зрізані й перетворилися зі стрімких обривів у схили - десь круті, десь пологі, але все-таки не стрімкі. Їх засадили деревами. Потім були насипані довгі піщані пляжі, які поглинали енергію хвиль. В 50-100 м від берега були побудовані підводні хвилеломи. І нарешті, була побудована дренажна система для відводу ґрунтових вод. Все це допомогло зупинити регулярну втрату території міста, що за попереднього півтора сторіччя його існування склало кілька десятків квадратних кілометрів. Але в підсумку місто також одержало чудові пляжі, до яких можна було нормально спуститися пішки, а не займатися альпінізмом на вузьких козячих стежинках, ризикуючи потрапити під обвал.

У зв'язку з активізацією зсувних процесів і руйнуванням берегів, в 60-х роках почалося будівництво системи протизсувних споруджень (ПЗС) на Одеському узбережжі. У процесі будівництва ПЗС були викладені й закріплені рослинністю приморські схили, пробурені дренажні шпари й обладнані дренажні штольні й злизові лотки, через які здійснюється скидання дренажних і злизових вод у море. Важлива складова частина ПЗС - берегозахисні спорудження, що складаються із траверсів, бун, хвилеломів, берегозахисних і хвилевідбійних стінок

Для створення рекреаційної зони на узбережжя були намиті піщані пляжі.

До кінця 80-х років завершилося будівництво I й II черг ПЗС довжиною 12.7 км і почате спорудження III черги, що було припинено на початку 90-х років.

У цей час на ділянці від мису Ланжерон до мису Великий Фонтан функціонує система берегозахисних споруджень довжиною близько 14 км. (Координати ПЗС вказані у Таблиця 7.3.1).

Згідно рішення Одеської міської ради від 05.04.2007 р. №1133-V “Про затвердження Правил устаткування та експлуатації пляжів міста Одеси” пляжі уздовжберегової території узбережжя Чорного моря в місті Одесі поділяються на пляжі природного походження та берегозахисні споруди у вигляді штучних пляжів від пляжу “Ланжерон” до пляжу “Дача Ковалевського”.

Пляжі природного походження:

1. Пляж “Лузанівка-1” –від ДЦ «Молода Гвардія» до пров. Векслера)

Це найбільший із пляжів Одеси. Довжина — 1.4 км. На пляжі відсутній підводні хвилеломи. Пляж перебуває між Одеською затокою й Куяльницьким лиманом, у колишнім усті колись повноводної ріки Куяльник. Мікрорайон, на території якого він розташований, називається Лузанівка. Колись це було село під Одесою. Поблизу перебуває дитячий табір «Молода гвардія».

1. 46°33'13.90" N 30° 46' 19" E
2. 46°32'47.16" N 30° 45' 14.79" E

2. Пляж «Чорноморка» - від території аматорського причалу №129 (провулок 2-й Приморський) до північних огорожувальних берегозахисних споруд житлового масиву «Совіньон».

Це самий вилучений від центра міста пляж. Перебуває в самій південній частині Одеси, у районі Чорноморка.

1. 46°20'58.20" N 30° 42' 17.81" E
2. 46°20'43.71" N 30° 42' 4.31" E

Штучні пляжі:

1. Пляж«Ланжерон» - від буни СРЗ до траверса № 5, 1 черга ПЗС (від території ВАТ «Одеський судноремонтний завод № 2» до зовнішнього водовипуску Лермонтовської штольні „Жовтий Камінь”);

Самий старий і відомий пляж -Ланжерон. Свою назву він одержав від колишнього власника: колись вся територія пляжу була власністю градоначальника й губернатора графа Ланжерона. Однак після смерті графа вся його дача відповідно до заповіту відійшла до міста й перетворилася в перший суспільний пляж. Зараз про це нагадує лише назва так арка, що коштує в парку Шевченко при в'їзді на пляж.

Крім усього іншого, саме на Ланжероне розташований дельфінарій «Немо» - місце, що стало визначною пам'яткою Одеси.

Пляж невеликої. Піщана частина має довжину 300 м., лівіше розташовуються бетонні плити.

1. 46°28'44.87" N 30° 45' 51.57" E
2. 46°28'6.15" N 30° 45' 48.80" E

2. Пляж «Отрада» - від траверса № 5 до траверса № 7 - 1 черга ПЗС (від Лермонтовської штольні до Чорноморського яхт – клубу);

Відрада йде відразу за Ланжероном. Це теж досить великий піщаний пляж, довжиною 1 км і відмітною його рисою є наявність канатної дороги. Орієнтиром для багатьох відвідувачів пляжу є знаменитий Жовтий камінь. На півдні до пляжу примикає одеський яхт-клуб.

3. Пляж «Дельфін» - від траверса № 9 до траверса № 14-а, 1 черга ПЗС, (від Чорноморського яхт-клубу до території представництва Одеської облради);

За Відрадою розташувався пляж «Дельфін». Пляж перебуває напроти престижного району проспекту Шевченко й Французького бульвару. Це один із самих популярних пляжів Одеси з добре розвитий інфраструктурою. Довжина берегової лінії - 700 м.

4. Пляж «Аркадія» - від траверса № 18, - 1 черга ПЗС до траверса № 3, - 2 черга ПЗС, (від траверса № 18 до території яхт-клубу „Посейдон” на Великому Фонтані);

Район «Аркадія» виник на прикінці XIX століття завдяки старанням бельгійського підприємця Камбье, що і заклав у дикій приморській долині місце для відпочинку. Назва відбулася від області в Греції. Що стосується самого пляжу, як видно, колись це було русло ріки, що текла від сучасного проспекту Шевченко, але на момент підстави Одеси вже пересихала. Тому пісок на пляжі дрібний, річковий. Цей природний пляж був популярний серед одеситів до появи нових штучних пляжів в 1970-і роки ближче до центра міста. До того берегова лінія Одеси в основному являла собою круті глинисті обриви з вузькою смужкою зі скель і гальки. Та й зараз це один з деяких пляжів у міському узбережжі, що має пологий природний спуск до моря. Довжина берегової лінії — 800 м. Південніше основної частини розташовується ділянка з бетонних плит. Пляж Аркадія по праву вважається візитною карткою міста. Один із самому старому й відомих усьому світу пляжів. Аркадія славиться тим, що на її території розташована безліч ресторанів, дискотек і нічних клубів.

5. Пляж «Чайка» - від траверса № 6, - 2 черга ПЗС до траверса № 7, - 2 черга ПЗС, (до пляжу „Для інвалідів”);

6. Пляж «Для інвалідів» - від траверса № 7 до траверса № 7-а, - 2 черга ПЗС;

7. Пляж «Курортний» - від траверса № 7-а до траверса № 14, - 2 черга ПЗС, (від пляжу „Для інвалідів” до 16 ст. В. Фонтану);

8. Пляж «Золотий Берег» - від траверса № 14, - 2 черга ПЗС до траверса № 17, 2 черга ПЗС, (від пішохідного спуску з пров. Амбулаторного до глибоководного випуску зливових вод);

Пляж розташований у районі санаторію МНС України "Одеський". Поруч перебуває чоловічий православний монастир і меморіал 411 батареї.

Пляж тут піщаний і зв'язаний швидкісними катерами з Аркадією, Морським вокзалом і Лузанівкою.

9. Пляж «Великофонтанський» - від траверса № 17, - 2 черга ПЗС до траверсу № 1, - 3 черга ПЗС (від. провулка Маячний до території Свято-Успенського чоловічого монастиря);

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Частина 1 Гідрографічного посібника Національного управління з дослідження океану та Атмосфери США (NOAA) (видання від 4 липня 1976 року, Р-1-3; www.thsoa.org/pdf/hm1976/part1ch123.pdf).
2. Інструкція щодо вимог і методів зйомки рельєфу дна для навігаційних цілей. (ДУ «Держгідрографія»). Київ: ФДУ «Укрморкартографія», 2006. 120 с.
3. Правила гидрографической службы № 4. Съёмка рельефа дна. Часть 2. Требования и методы. (ПГС № 4, ч. 2). МО СССР ГУНИО, 1984. 264 с.
4. Смирнов Г.Н. Океанология: Учеб. для вузов. / 2-е изд. М.: Высш. шк., 1987. 407 с.
5. Яковлев Н.В. Проблемы морской геодезии – Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1980, вып. 1. С. 115 – 119.
6. Saxena N.K. Marine Geodesy – 1966 – 1971 Report of the International Association of Geodesy, Moscow, 1971.
7. Коугия В.Ю., Сорокин А.И. Геодезические сети на море. – М.: Недра, 1979.
8. Кашин Л.А. О новых направлениях работ Государственной геодезической службы - Геодезия и картография, 1979, № 3, С. 14 – 25.
9. Малахов Б.М. О морской геодезии. – Геодезия и картография, 1973, № 2, С. 19 -25.
10. Морские геофизические исследования/ Я.П.Маловицкий, Л.И.Коган, Ю.М. Мистрюков и др. Под ред.. Я.П, Маловицкого. –М.: Недра, 1977.
11. Методика радиодальномерных измерений при морских геофизических работах. –Сб. статей. М., ИФЗ АН СССР – МИИГАиК, 1969.
12. Глумов И.Ф. Геодезическое обеспечение комплексных морских геофизических съемок.- Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1974, вып. 6, С. 3-9.
13. Глумов И.Ф., Глумов В.П., Смирнов Л.А. Анализ методов геодезического обеспечения комплексных морских геофизических съемок. - Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1974, вып. 3, С. 17 - 26.