

**Іван ІЗААК,**

начальник промірної групи відділу гідрографічних робіт  
ФДУ „Одеський район Держгідрографії”

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОМІРНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ БАГАТОПРОМЕНЕВОГО ЕХОЛОТА SEABAT8101

У журналі „Вісник Держгідрографії” № 4 (12) – 2005 ми ознайомили своїх читачів з технічними конструктивними даними, призначенням та можливостями під час виконання робіт багатопроменевого ехолота SeaBat8101.

Сьогодні редакція продовжує цю тему. Автор, зокрема, ділиться досвідом практичного використання SeaBat8101 при промірванні та зйомках, як приладу в цілому, так і його складових.

*Чому було придбано саме SeaBat?*

Тому що він відповідає вимогам стандарту Міжнародної гідрографічної організації S-44 щодо зйомок (як спеціальних, так і I категорії), економічний, досить простий в освоєнні і легко інтегрується в єдиний промірний комплекс. Ехолот цього типу (МЛЕ) є універсальним (тільки в ехолотів SeaBat приймально-випромінюючі антени можуть перемикатися з режиму ехолотування у режим гідролокатора бокового огляду).



**Рис. 1.** Штанга для кріплення антен МЛЕ і DGPS-приймача

### Монтаж і підключення промірного комплексу

Приймально-випромінююча антена МЛЕ (вібратор) і антена DGPS-приймача встановлюються на поворотній штанзі з правого борту (рис. 1). Закріплюючи вібратор, основне – не забувати про його орієнтацію (носова – хвостова частини).

Блоки МЛЕ, робочої станції, датчик руху, DGPS-приймач, джерело безперебійного живлення і PPS-box є стаціонарно закріпленими на навігаційному столі у ходовій рубці.

У панель приладів вмонтовано три робочі монітори: ліворуч розташований навігаційний монітор (рис.2), праворуч – монітори оператора (монітор МЛЕ і монітор з відображенням необхідної інформації у ПЗ Hysweep) (рис. 2, 3).

По завершенні монтажу комплексу слід виконати виміри офсетів для всіх компонентів, тобто визначити взаєморозташування всіх датчиків щодо базової точки на судні. При роботі з МЛЕ процедура визначення офсетів дуже важлива і виконувати її необхідно якнайретьельніше. За судовими кресленнями і таблицями було визначено центр ваги катера (що виступає як базова точка). Виконано виміри трьох величин (зсув уздовж

борта – X, поперечний зсув - Y і зсув по висоті – Z) для антени DGPS-приймача, приймально-випромінюючої антени МЛЕ і блока гірокомпаса-датчика руху. Заміряні величини офсетів у подальшому вводяться у ПЗ “HYSWEEP” при налагоджуванні устаткування в утиліті Hardware (офсет – положення датчика щодо опорної точки на судні у тривимірній системі координат. За опорну точку рекомендовано брати центр ваги).

**Рис. 2.** Навігаційний монітор





Рис. 3. Монітори оператора (праворуч – монітор МЛЕ)

Для збору даних багатопроменевої зйомки використовують програмний пакет Hysweep Max, модуль HYSWEEP SURVEY, версія 4.3a.

Програма Hysweep Survey працює разом із програмою Survey, призначеною для збору даних однопроменевої зйомки. Тому частину драйверів необхідно прописувати в утиліті Hysweep Hardware (що має відношення до однопроменевої зйомки), а саме драйвер для DGPS-приймача.

Драйвери для МЛЕ, гірокомпаса і датчики руху налагоджуються в утиліті Hysweep Hardware.

У промірному комплексі МЛЕ передає дані на робочу станцію через мережний кабель (Ethernet), а всі інші датчики – через серійний інтерфейс (RS232).

### Робота комплексу

Перед зйомкою слід визначити кількість галсів, необхідну для повного покриття району зйомки. Відповідно до тактико-технічних характеристик МЛЕ, смуга захоплення становить приблизно 7 глибин. Однак варто врахувати, що дані, взяті за крайніми променями, не цілком надійні, тому ми, звичайно, «урізаємо» крайні промені на 10°, одержуючи сектор не 150°, а 130°. До того ж, для збільшення точності промірів, доцільно робити перекриття між сусідніми галсами (рекомендоване перекриття становить майже 30%). Для роз-

Рис. 4. Програма для розрахунку міжгалсової відстані SeaBat Coverage Calculator



рахунку міжгалсової відстані можна використовувати утиліту SeaBat Coverage Calculator (рис. 4).

Наприклад, при глибинах близько 10 м міжгалсова відстань, з урахуванням наведеного, повинна становити 30 м.

Щоб мати можливість у реальному часі спостерігати за характером запису глибини системою МЛЕ, слід попередньо скласти матрицю для району зйомки. Матрицю створюють в утиліті Matrix Editor (Hysweep Max). У типі матриці необхідно вказати "Hysweep" і задати розміри осередків. Чим більшим є район зйомки, тим більшим повинен бути заданий розмір осередків.

### Виконання зйомки

У першу чергу необхідно підключити живлення гірокомпаса і датчика руху Octans (час від моменту включення до робочої готовності становить близько 10 хвилин, вихід у меридіан – 5 хвилин і фаза ініціалізації фільтра вертикальних переміщень – 5 хвилин). Для візуалізації даних гірокомпаса є програма Octans Repeater, що поставляється разом із приладом.

Далі слід запустити всі інші блоки і датчики.

Перед початком роботи у районі проміру вимірюють швидкість звуку у воді. Для цього застосовують прилад SVP-14 (рис. 5).

Датчик приладу автономний. Опускають його на тріскі вручну або лебідкою до дна зі швидкістю не більше як 3 м/с. Після вимірювання датчик за допомогою блока SVPD-15 підключають до робочої станції через серійний інтерфейс. Дані зчитує спеціальна програма SVP-Control, що є у комплекті датчика. Отриманий профіль швидкості звуку необхідно експортувати у програму Hysweep Survey.

### Процедура Patch Test

Дана процедура необхідна для калібрування положення приймально-випромінюючої антени МЛЕ у вертикальній і горизонтальній площинах, а також визначення часу затримки позиціонування. Цей тест виконують, змінюючи положення приймально-випромінюючої антени МЛЕ. Уся процедура патч-тесту у

Рис. 5. Вимірювання швидкості звуку у воді датчиком SVP-14



досвідченого користувача займає приблизно одну годину. Виконувати її слід дуже уважно. Проходження по галсах повинно бути якомога точнішим.

У відділі гідрографічних робіт нашої філії застосовують таку модифіковану схему проходження по галсах:

а) вибирається район, де є рівне дно і виражений канал;

б) будуються два рівнобіжні галси завдовжки близько 200 м перпендикулярно каналу (частина галсів проходить по рівному дну, частина – по каналу)(рис. 6);

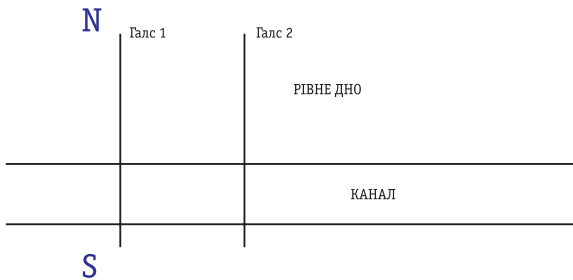


Рис. 6. Схема галсів для процедури патч-тесту

в) проходження по галсах здійснюється у такому порядку:

- спочатку по 1 галсу зі швидкістю майже 7 вузлів;
- у зворотному напрямку по 1 галсу зі швидкістю 7 вузлів;
- у будь-якому напрямку по 1 галсу зі швидкістю 3 вузли;
- у будь-якому напрямку по 2 галси зі швидкістю 7 вузлів.

На рисунку 7 показано результат визначення поправки за забортну хитавицю – патч-тест виконувався при промірах на Бузько-Дніпровсько-Лиманському каналі восени 2005 року. На процедуру проходження по галсах було затрачено 35 хвилин. Обробка патч-тесту тривала 1 годину.

Результати патч-тесту вводяться як додаткові офсети у показання МЛЕ (поправка за забортну (roll) і кильову (pitch) хитавиці, поправка за вертикальне перемі-

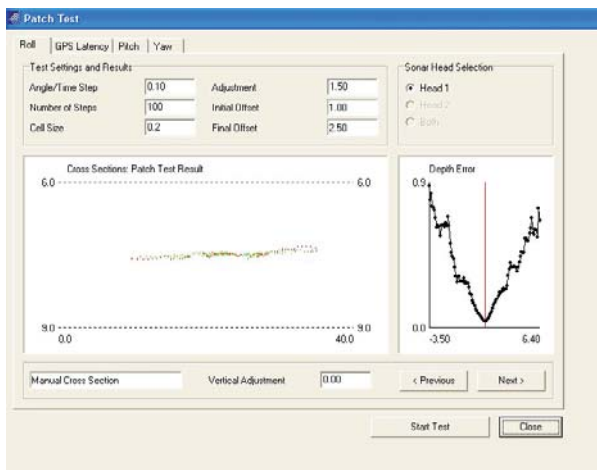


Рис. 7. Результат обробки патч-тесту – визначення поправки за забортну хитавицю (Roll)

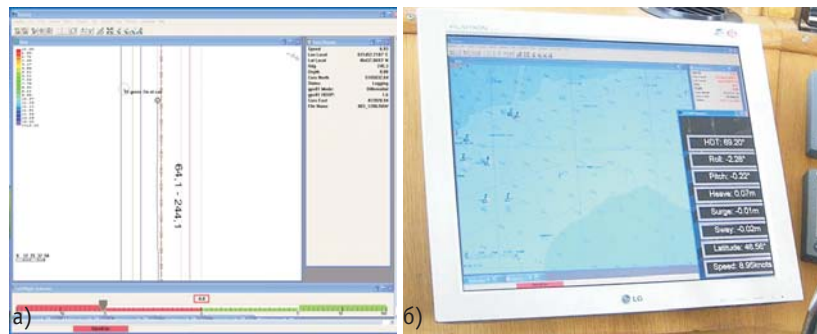


Рис. 8. Навігаційний монітор у робочому стані

щення судна (heave)) у налаштуваннях устаткування в утиліті Hysweep Hardware; час затримки (Latency) вводять у показники GPS-приймача окремо в Hupack Hardware і в Hysweep Hardware.

Після введення усіх поправок можна починати промірювання.

Якщо до початку промірювання поправки не було введено, можна зробити це під час постобробки.

Модуль HYSWEEP має велику кількість інформаційних вікон. Для висвітлення всіх можливих вікон необхідно мати дуже великий монітор або моніторів повинно бути три і більше. Слід визначитися, які вікна будуть необхідні під час роботи. На рисунках 8а і 8б наведено приклад вікон, виведених на навігаційний монітор, призначений для стернового. На цей монітор виводяться дані від програми HYPACK Survey, зокрема, вікно Map (план району промірів і галси), Left – Right Indicator (індикатор ліворуч-праворуч), Data Display (вікно даних).

На рисунку 9 показано вигляд вікон, які виведено на монітор оператора для спостереження за характером роботи системи, відстеження можливих збоїв у роботі і виявлення будь-яких відмінних рис дна в режимі гідролокатора бокового огляду (ГБО).

У верхньому правому куті екрана – основне вікно програми. Звідси можна управляти опціями інших екранів програми, відкривати і закривати інші вікна, тут приведено індикатори стану датчиків системи (зелений колір – робота нормальна, жовтий колір – інформація

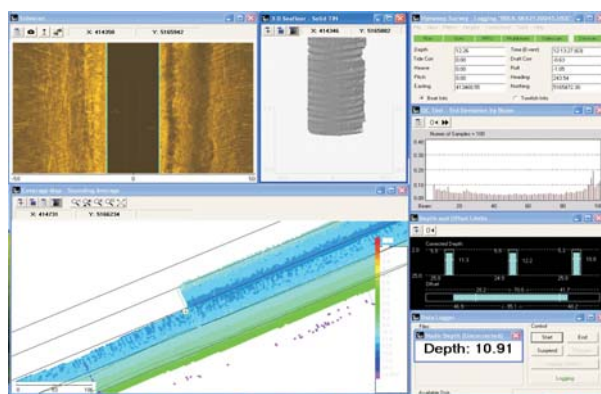


Рис. 9. Вигляд вікон Hysweep на моніторі оператора

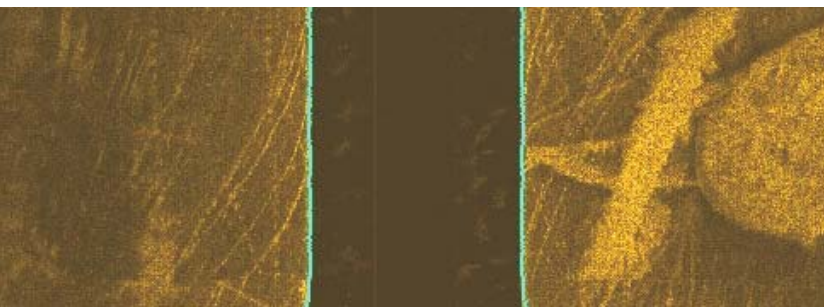


Рис. 10. Кадр сонограми, знятий 9 жовтня 2005 р. на 2 коліні ХМК



Рис. 11. Кадр сонограми проходження над ЗС «Суліна»

выводиться некоректно, наприклад, якщо не оновлено профіль швидкості звуку, червоний колір – від датчика не надходить інформація), у цьому вікні також наводяться дані від датчиків на той чи інший момент.

Під цим вікном розташовано вікно контролю якості даних. Тут можна отримати інформацію про якість даних, що надходять від ехолота.

Нижче – вікно меж глибини і смуги захоплення ехолота.

У нижньому правому куті наведено вікно Data Logger, призначене для керування записом.

У лівому верхньому куті розташовано вікно сонограми, в якому оператор відразу бачить відмінні риси рельєфу дна, може оперативно оцінити цю особливість та ін. На рисунках 10 і 11 наведено приклади кадрів сонограм, знятих у реальному часі, які відображають різні особливості рельєфу дна.

У нижньому правому куті екрана – вікно Coverage Map. Сюди надходять дані по галсах, відображається заливка матриці інформацією про глибини від МЛЕ у реальному часі, що дозволяє вчасно помітити прогалини у даних, що виникають при зйомці.

З досвіду роботи можна зробити такі висновки:

- проходити по галсах бажано якомога рівніше, особливо при виконанні патч-тесту;

- запис в один файл повинен обмежуватися в часі (до 60 хвилин). Якщо довжина ділянки зйомки велика, то краще її розбити на кілька фрагментів, у протилежному випадку при постобробці надто уповільнюється процедура завантаження файлів, побудова матриці, збільшується час на відновлення робочого екрана редактора багатопробеневої зйомки Multibeam Editor;

- у програмі Hysweep Survey найменування файлів прив'язується до назв галсів. У Hysweep Survey файли з

промірами іменуються за часом і за назвою проекту. Наприклад, проект «bdlk-autumn-05», зйомку виконували 7 листопада. У цьому випадку лог-файл даних іменується як «hsx1007.log», а файли із сирими даними іменуються, приміром, «bdlk-autumn-05081546.hsx», з чого видно, що цей файл створений о 8 годині 15 хвилин і 46 секунд у проекті «bdlk-autumn-05»;

- для збору даних у Hysweep необхідно мати жорсткий диск великої ємності. При глибинах біля 10 м за годину записується близько 250 Кб інформації. Чим меншою є глибина, тим більшою повинна бути ємність файлів. Приміром, сирі дані площинного обстеження БДЛК (двотижнева робота) зайняли понад 20 Гб.

Позитивна особливість програми – можливість відтворення процесу зйомки при постобробці.

### Обробка даних МЛЕ у програмі Multibeam Max

Процедура обробки даних багатопробеневої зйомки займає набагато більше часу і вимагає набагато більше ресурсів, ніж обробка даних однопробеневої зйомки.

Процес обробки даних складається з трьох фаз.

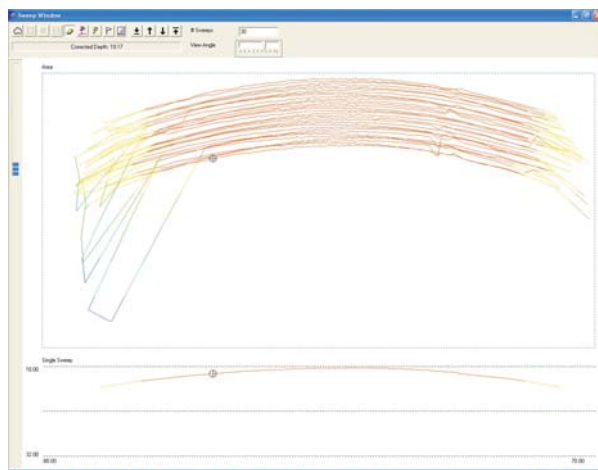
Перша фаза – перевірка поправок на швидкість звуку, заглиблення вібратора, рівень, курс, хитавицю і т.д. Якщо до початку проміру поправки не були введені, їх можна ввести в цій фазі обробки. Тут можна вибракувати неякісні дані позиціювання і за параметрами хитавиці (видалити викиди).

Друга фаза – графічна перевірка даних, відпрацювання чищення кожного окремого галса по смугах захоплення. Тут можна налаштувати параметри фільтрів, кількість відображуваних одночасно смуг огляду і т.д. На цьому етапі у програмі MB Max маємо кілька фільтрів, серед яких обрізка смуги за кутом нахилу променів, за мінімальною і максимальною глибинами, за величиною відхилення глибини у тій чи іншій точці від сусідніх і т.д. Позитив програми – можливість переглянути активні фільтри, скасувати відпрацьовані фільтри, здійснити пошук за заданими параметрами для ухвалення рішення по кожному окремому викиду. Ця фаза є найбільш трудомісткою і тривалою. Приміром, при швидкості проміру 5 вуз. на 1м проходження випадає майже 6 смуг. Якщо довжина галса 10 км, то маємо на одному галсі 60 000 смуг. Ми налаштовуємо вікно відображення смуг (sweep window) так, щоб одночасно було відображено 30 смуг. Навіть якщо затратити 5 хв. на перевірку однієї групи смуг, то для обробки одного галса необхідно щонайменше 3 години. На рисунку 12 наведено приклад вікна Sweep у другій фазі обробки (рис. 12а – до застосування фільтрів, рис. 12б – після застосування фільтрів).

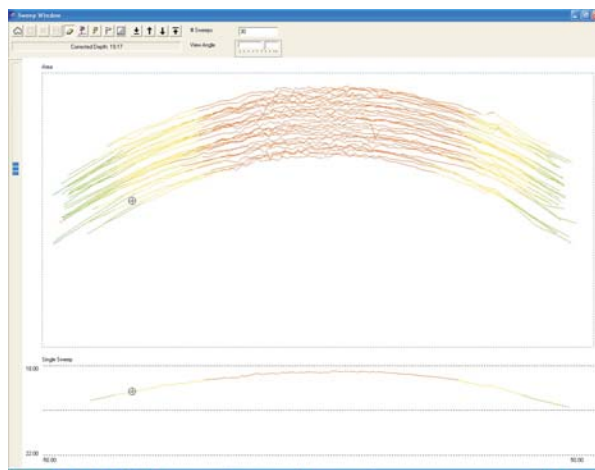
Наприкінці другої фази заповнюють матрицю за розмірами осередків, заданих користувачем. При виборі розміру осередків необхідно врахувати таке:

- максимально можлива кількість даних в осередку не повинна перевищувати 2000, інакше програма не зможе приступити до третьої фази обробки;

- якщо задати надто маленькі осередки, може не вистачити обсягу оперативної пам'яті для обробки у третій фазі (ПК буде «зависати»).



а) до фільтрування



б) після фільтрування

Рис. 12. Вікно Sweep у програмі Multibeam Max

Третя фаза – перегляд і редагування глибин в осередках матриці. У цій фазі, на відміну від першої та другої, відбувається візуалізація всієї ділянки зйомки, а не лише окремих її галсів, перевіряється правильність введення офсетів за результатами патч-тесту, тут можна проаналізувати кожен осередок окремо (у вікні CELL наведено кількість точок в осередку, діапазон глибин в осередку, середня, модальна, медіанна глибини, а також середньоквадратичне відхилення глибин в осередку). У третій фазі можна настроїти статистичні фільтри, які добре працюють на порівняно рівних ділянках дна.

Зовнішній вигляд вікон програми Multibeam Max у третій фазі показано на рис. 13.

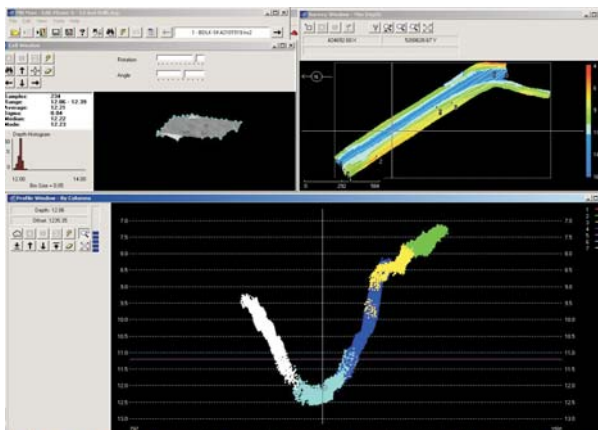


Рис. 13. Вікна у MB Max, третя фаза обробки

У нижньому найбільшому вікні різними кольорами показано перекриття сусідніх смуг захоплення. У верхньому лівому вікні – вигляд осередку і статистика по осередку, у правому верхньому вікні – колірна матриця ділянки зйомки.

З досвіду роботи можна сказати, що при розмірах осередку матриці 5x5 м у кожному осередку, залежно від міжгалсової відстані і виду кута променів МЛЕ,

знаходиться від 50 до 400 даних. При обробці площинного обстеження Бузько-Дніпровсько-Лиманського каналу оптимальний розмір осередків і є 5x5 м.

Наприкінці третьої фази обробки виконують процедуру збереження даних. Можна зберегти результат у матричному форматі (інформація про глибини зберігається у вигляді різноколірного рисунка), або у форматі XYZ. Тут існує два варіанти: зберегти всі значення в осередках, або тільки одне з них. При цьому можна визначитися, яку глибину варто залишити – мінімальну, середню чи в її дійсному положенні, або перемістити глибину в центр осередку. З погляду безпеки навігації рекомендовано вибирати мінімальну глибину в осередку на її дійсному місці.

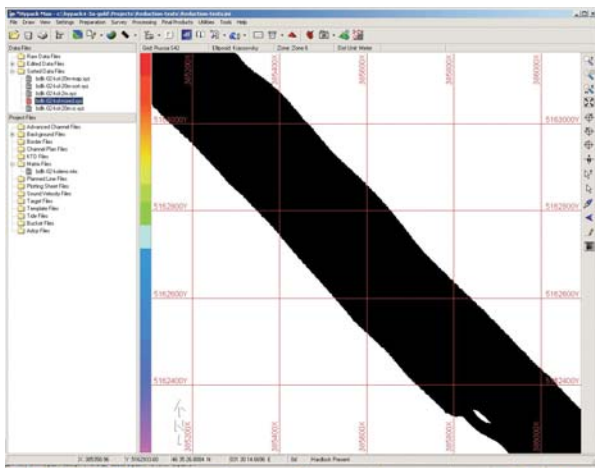
### Редукція даних

Дані обробки МЛЕ необхідно прорідити, оскільки в скороченому вигляді ми отримаємо точки з відстанню між ними близько 30 см! Під час друкування результатів на планшеті буде суцільна чорна заливка. На рисунках 14а і 14б показано вигляд планшета до вибірки і після неї.

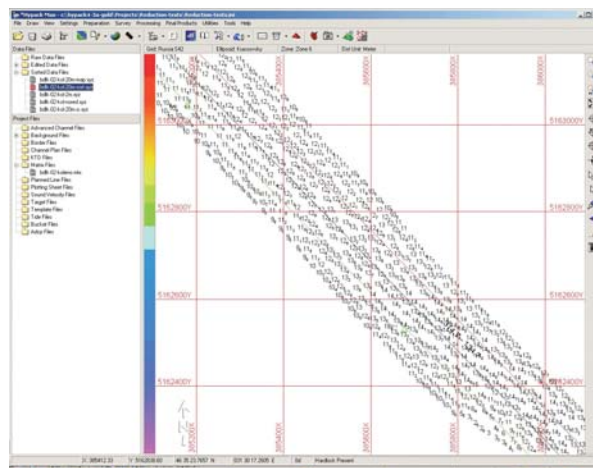
У модулі Hurrack Max-Office існує кілька утиліт для вирішення цієї задачі:

1. Multibeam Max – у третій фазі задається матриця з визначеними розмірами. Можна зберегти одне значення в осередку за одним із критеріїв: мінімальне, середнє, модальне, середньоквадратичне відхилення в осередку і т.д. Недолік: найбільша кількість даних в осередку не повинна перевищувати 2000.

2. Mapper – завантажується матричний файл, збережений наприкінці третьої фази редагування. Сюди ж можна додатково довантажити дані однопроменевої зйомки на контрольних галсах. Процес редукції полягає у задаванні осередку з іншими розмірами і збереженні однієї точки з глибиною в цьому осередку – можна вибрати мінімальну, середню, модальну глибини і зберегти її на реальному місці або перемістити в центр осередку. Збереження у форматі XYZ.



а) до процедури вибірки



б) після процедури вибірки

Рис. 14. Файли XYZ на планшеті

Плюси утиліти: можливість оцінки якості даних (збереження діапазону глибин в осередку, СКП в осередку і т.д.), виконання редукції за визначеним вами критерієм. Недолік: під час друкування планшета глибини будуть мати нерегулярний характер (рис.14)

3.SORT – на підставі зазначеної максимальної відстані програма вибирає МІНІМАЛЬНУ глибину в заданому радіусі і залишає її на реальному місці. Переваги програми: досить швидко працює, мінімальна глибина на її реальному місці. Недолік: немає можливості задати критерій вибірки самостійно.

Щоб визначити, яку програму найкраще використати для редукції даних, було порівняно дані, обчислені за всіма наявними програмами для вибірки. Для цього в утиліті TIN Model за результатами вибірок за допомогою наведених вище програм, а також за нескороченими даними було побудовано тривимірні моделі зразкової ділянки, після чого обчислено обсяги всіх цих моделей і здійснено їх порівняння. Результати наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Метод вибірки	V, м <sup>3</sup>	V, %	ΔV, %
Без редукції	10614376	100	
MB Max (осередок 2x2м)	10483089	98,8	1,2
Марпер (осередок 20x20м)	10035723	94,5	3,5
Sort (найбільша відстань між точками – 20 м)	10124219	95,4	4,6

З цих результатів видно, що редукція в обох утилітах (Марпер і Sort) дає схожі результати, а це означає, що обидва методи редукції варто використовувати.

Для більшої наочності результатів багатопроменевої зйомки і візуалізації рельєфу дна можна створити тривимірну модель дна в утиліті 3D-TV, яка входить до складу пакета HYPACK Max. На рис. 15 наведено одну з таких моделей.

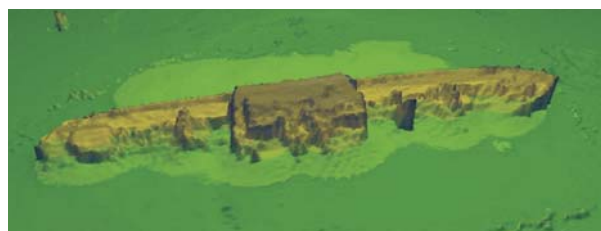


Рис. 15. Тривимірна модель ЗС «Суліна», створена за допомогою утиліти 3-D TV

**Контроль якості**

Одне з найважливіших питань, пов'язаних з площинним обстеженням за допомогою МЛЕ – оцінка якості вимірюваних глибин.

Паралельно з площинним обстеженням виконуються вимірювання однопроменевим ехолотом по контрольних галсах. Для оцінки якості можна використовувати утиліту CROSS STATISTICS (у модулі HYPACK Office). На рис. 16 наведено приклад графічного подання результатів у цій утиліті: на подовжніх галсах – глибини, отримані за результатами площинного обстеження, на поперечних – промір однопроменевим ехолотом.

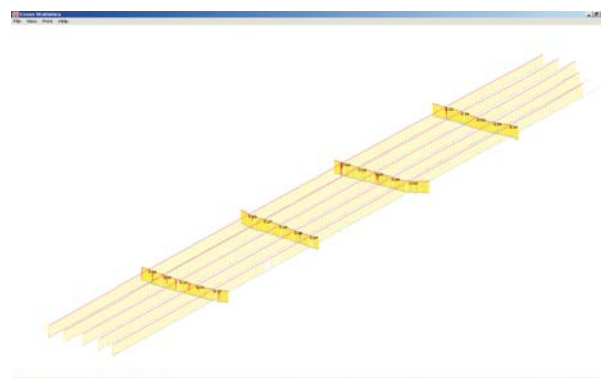


Рис. 16. Графічне зображення контролю якості в утиліті Cross Statistics (HYPACK Max)