

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ННІ «Інститут геології»

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

з лабораторних занять

з навчальної дисципліни «**Математична обробка сейсмічних даних**»

для студентів магістрів 1 курсу «103 Науки про Землю»

за освітньо-навчальною програмою «Геофізика»

Київ 2020

Методичні вказівки з виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Математична обробка сейсмічних даних» для студентів магістрів I курсу «103 Науки про Землю» за освітньо-навчальною програмою «Геофізика» / А.П. Тищенко – електронне видання, 2020 – 28с.

Автор: Тищенко Андрій Павлович, кандидат геологічних наук, доцент

Рецензенти: доц. Безродний Д.А

*Рекомендовано до публікації вченою радою ННІ «Інститут геології» протокол № \_\_\_ від \_\_\_ травня 2020 р.*

Приводяться основні вимоги та практичні рекомендації щодо виконання лабораторних робіт з курсу «Математична обробка сейсмічних даних» Висвітлені основи обробки сейсмічних даних у програмному забезпеченні OpenCPS(REVEAL).

Розраховано на студентів магістрів та викладачів.

## Зміст

Вправа 1. Створення проекту, завантаження даних, кросплотинг.....	4
1.1 Створення проекту .....	4
1.2 Імпорт SEG-Y .....	4
1.3 Crossplot.....	8
Вправа 2. Визначення геометрії бінування .....	10
Вправа 3. Сортування за СГТ.....	12
Вправа 4. Пікування початкових швидкостей.....	14
Вправа 5. Stacking.....	17
Вправа 6. Застосування мютингу.....	19
Вправа 7. Міграції .....	21
7.1 Post-Stack часові міграції.....	21
7.2 Серійні міграції (Serialmigrations) .....	21
7.3 Паралельна міграція (ParallelMigration).....	23
Рекомендована література: .....	28

## Вправа1. Створення проекту, завантаження даних, кросплотинг

### 1.1 Створення проекту

Перед обробкою даних потрібно створити проект.

1. У головному меню необхідно вибрати **File>New> Project...**
2. При створенні нового проекту в перший раз, Reveal вимагає обрати розташування за замовчуванням для проекту та майбутніх проектів.. Місцезнаходження за замовчуванням можна змінити, вибравши **Window>Preferences>Projects.**
3. В полі **Project name** вводимо **SEG salttutorial** для назви і натискаємо **Next.**
4. Натискаємо кнопку Готово, щоб прийняти за замовчуванням.
5. У вікні **Projects** розгортаємо проект **SEG salttutorial.**

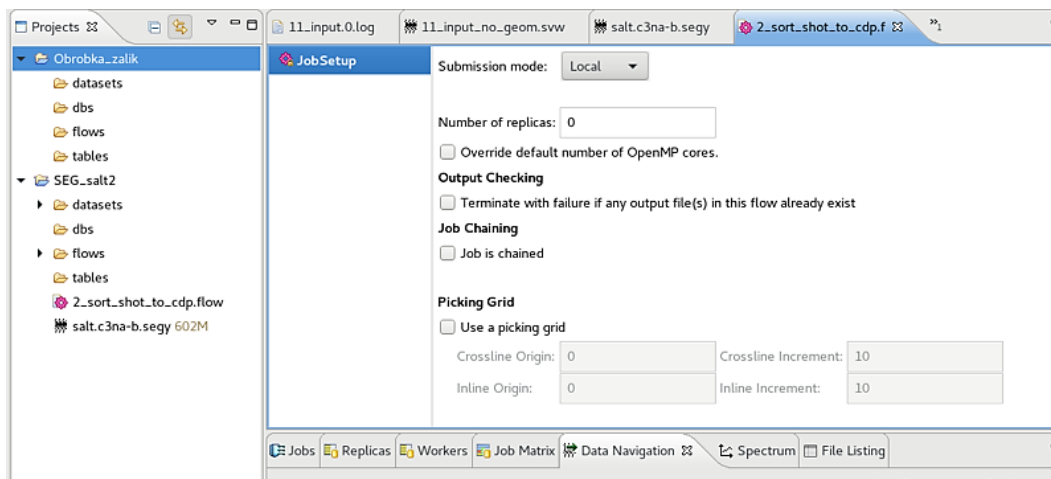


Рис.1. Створення проекту

**SEG salttutorial** проект містить чотири порожні каталоги: набори даних, потоки та таблиці. Залежно від конфігурації системи може бути створений каталог з ім'ям `datadir`, але цей каталог буде прихованим.

### 1.2 Імпорт SEG-Y

#### Створення потоку

Наступним кроком є створення потоку для імпорту SEG-Y.

1. Відкриваємо **SEG salttutorial** у вікні **Projects.**
2. Натиснути правою кнопкою миші на папці потоків **New>Flow.**
3. `1_import` для імені потоку та натискаємо кнопку **Finish.**

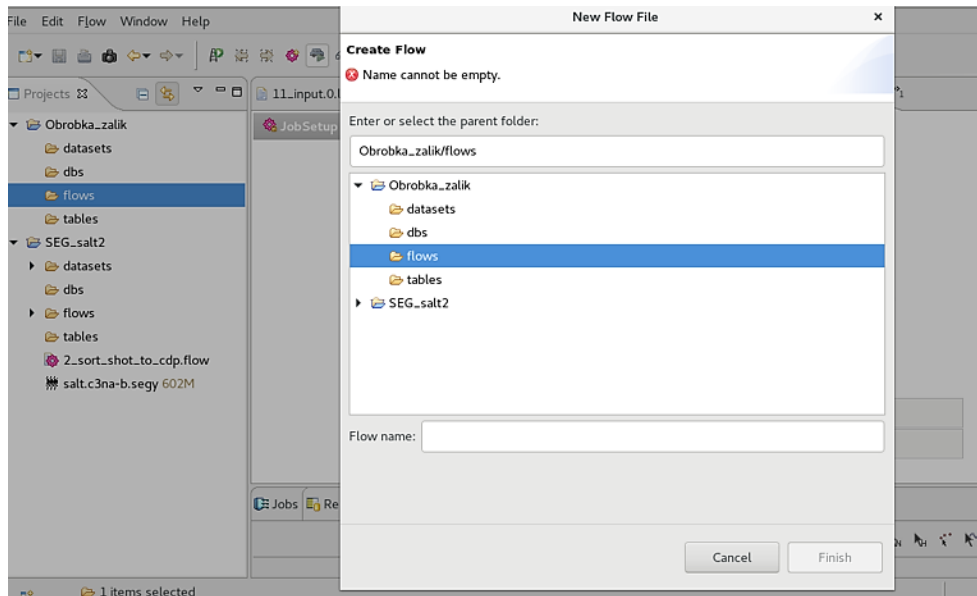


Рис.2. Створення потоку

Потік містить тільки **JobSetup**. Усі потоки починаються з інструмента **JobSetup**. Права панель у вікні показує параметри для вибраного інструмента.

Додаємо інструмент вводу до потоку:

1. Натискаємо **JobSetup** і вводимо "i."
2. З'являється діалогове вікно вибору інструмента

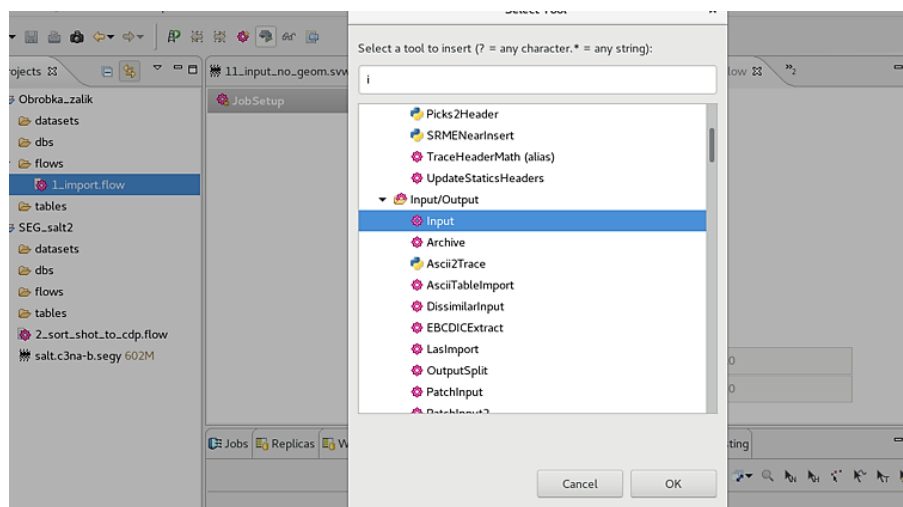


Рис.3. Пошук інструменту

3. Обираємо **Input** та натискаємо **OK**.

Зауважте! Можна додати інструменти до потоку за допомогою:

- Перетягування їх з вікна **Tools** справа від головного вікна.
- Клікнувши на іконку  над редактором потоків
- Обравши **Flow>AddTool** з головного меню

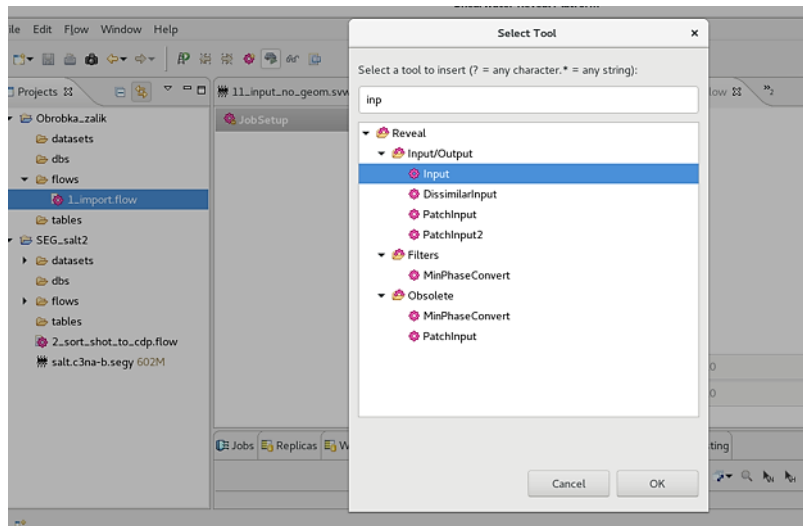


Рис. 4. Звужений пошук інструменту

## Використання меню Input

Тепер меню для **Input** видиме

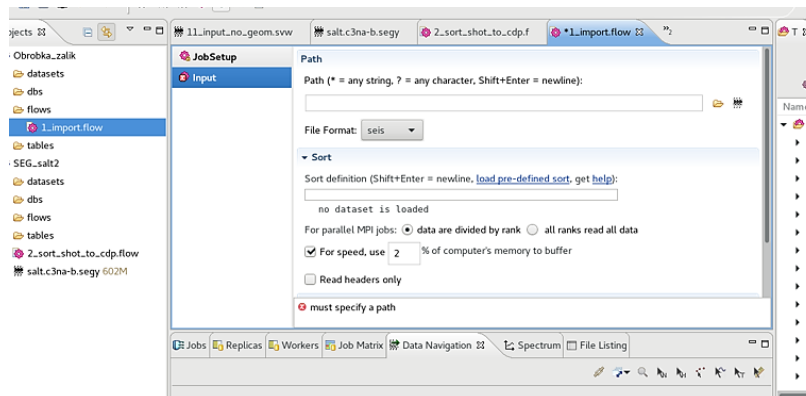


Рис. 5. Меню Input

Інструмент покаже помилку внизу вікна, оскільки набір даних не вибрано. Поруч із параметром **Path** натисніть значок **Open**.

Для більшості потоків вхідний набір даних буде розташовано у проєкті. Однак при імпорті набір даних, як правило, знаходиться в іншому місці файлової системи. Натискаємо кнопку **Filesystem** та знаходимо SEG-Y. Після натискання кнопки **OK**, **SEG-Y** слід відобразити у полі **Path**. Інструмент більше не буде мати помилок.

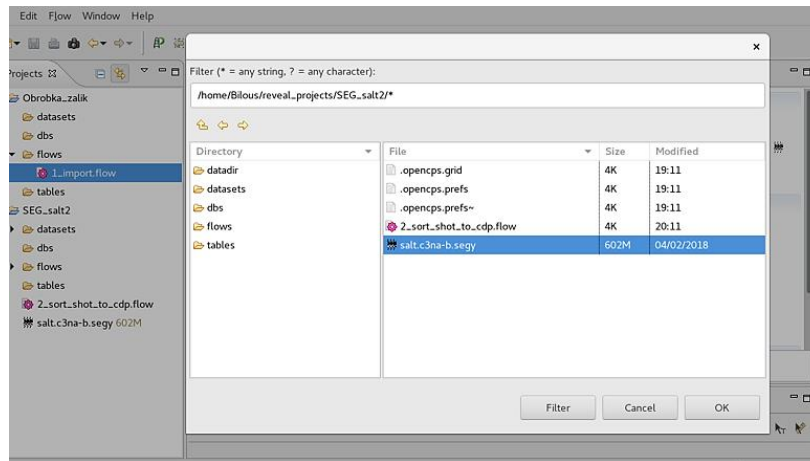



Рис.6. Імпорт даних без помилки

Оскільки вихідний набір даних є SEG-Y, в меню доступні додаткові вкладки. Розгортаємо и розділ **SEG-Y Header Mappings**. Декілька заголовків, включаючи ILINE та XLINE, не показують дійсні цифри в стовпці **Preview**. Видаляємо усі пов'язані заголовки за винятком FFID, REC ELEV, SRC ELEV, SRC X, SRC Y, REC X та REC Y, натиснувши значок видалення .

Додаємо **HeaderSetup** до потоку, потім **Compute OFFSET** і **Compute MPT X** і **MPT Y**. Інші заголовки неможливо обчислити, поки не буде визначено геометрію.

Додаємо інструмент **Output** до потоку. Вказуємо `${project}/datasets/shotnogeom.seis`

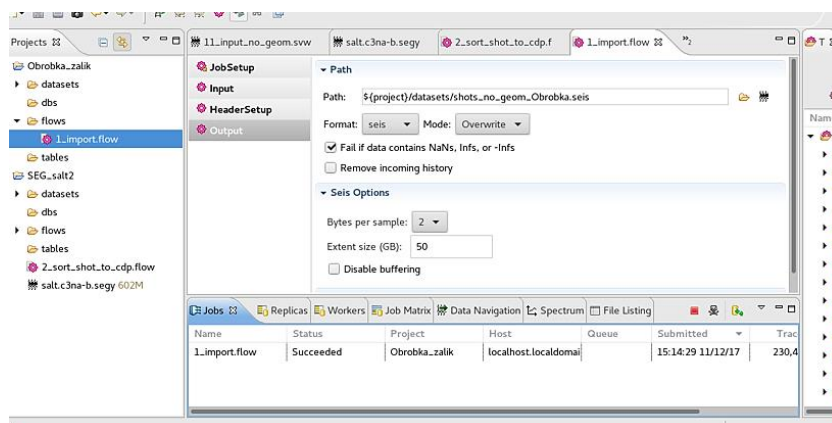


Рис.7. Інструмент Output


У головному меню **Flow>SubmitFlow**. Відкриваємо вікно **Jobs** під потоком. Натискаємо двічі **Jobs**, щоб відкрити журнал. Журнал містить інформацію про параметри інструменту, помилки та час виконання кожного інструмента

Name	Status	Project	Host	Que
1_import.flow	Succeeded	_uitest_tutorial	pluto	

### 1.3 Crossplot

Після імпорту набору даних ви можете переглянути кросплет, щоб переглянути геометрію заголовка.

1. У вікні **Projects** клацаємо правою кнопкою миші на **SEG saltutorial>datasets>shotsnogeom.seis** і вибираємо **Crossplot** в контекстному меню.

- Відкриваємо палітру, натиснувши маленьку стрілку  у верхньому правому куті кросплота. Усі views мають палітри. Палітри є основним механізмом зміни параметрів перегляду.

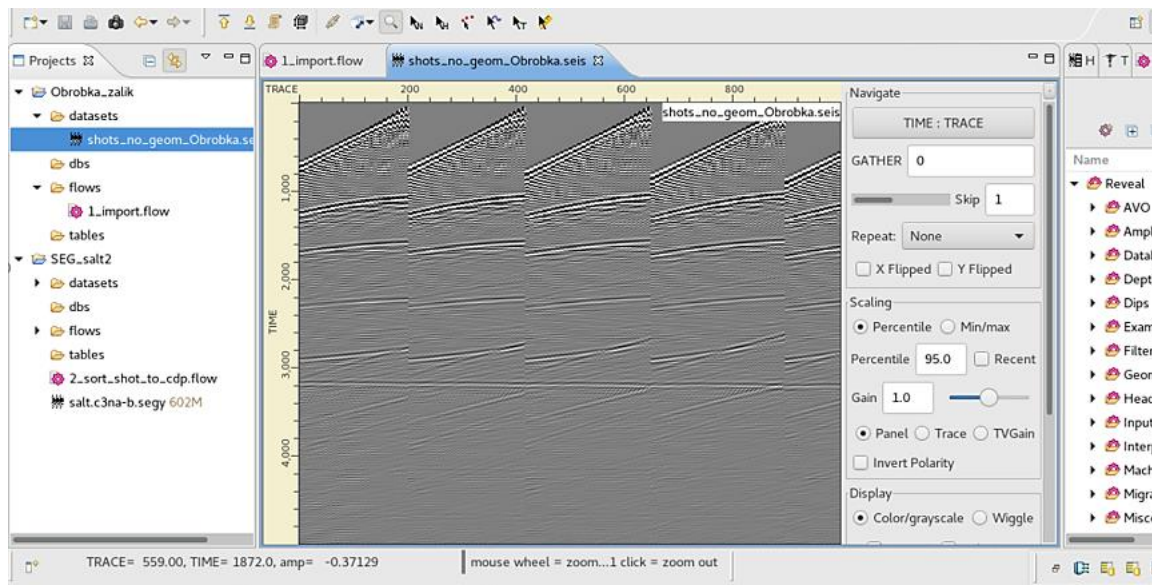


Рис.8. Виведення палітри

- За замовчуванням кросплет відкривається з видом розташування джерела в наборі даних. Якщо ні, встановіть X і Y в SRC X та SRC Y.
  - Кожна крапка відповідає розташуванню джерела в наборі даних.
2. Натискаємо прапорець, щоб прочитати **Onhover, show...**
  3. Наводимо курсор на розташування джерела.

● Кожна маленька синя точка являє собою приймач, активний для розташування джерела, над яким ви натискаєте курсор.

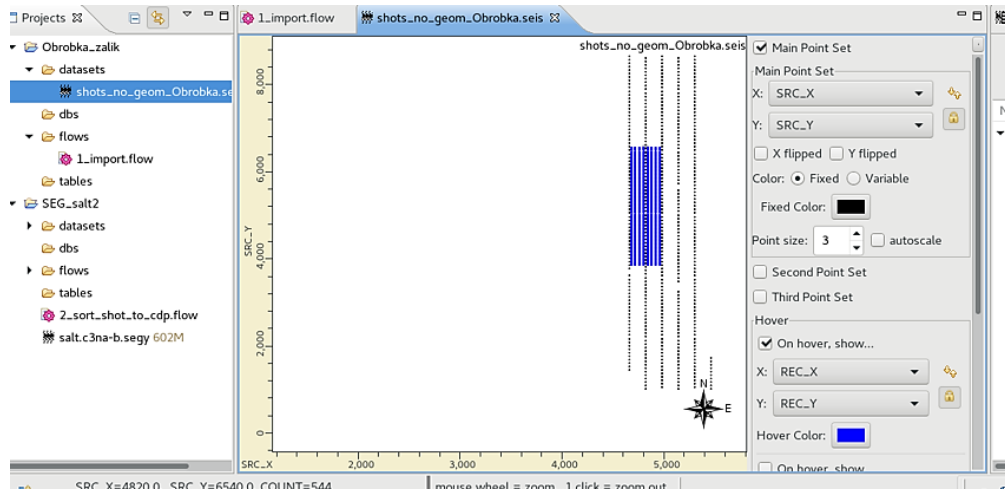


Рис. 10. Виведення кросплота

## Завдання

1. Створити проект
2. Створити потік Input
3. Завантажити дані
4. Візуалізувати дані
5. Переглянути геометрію заголовку використовуючи Crossplot

## Вправа 2. Визначення геометрії бінунга

Наступний крок полягає в тому, щоб визначити геометрію бінунга. Заголовки для імпортованого набору даних будуть використані для контролю якості визначеного бінунга.

У вікні "Проекти" (**Projects View**) клацніть правою кнопкою миші на **SEG\_salt\_tutorial** виберіть **Edit Project Grid**.

Це відкриває редактор для проектування бінунга гріду. За замовчуванням проектний грід вимкнений. Виберіть Використовувати грід обробки (**Use a processing grid**), щоб грід став доступним. Існує три режими для визначення гріду. Виберіть **origin, angle, and spacing**.

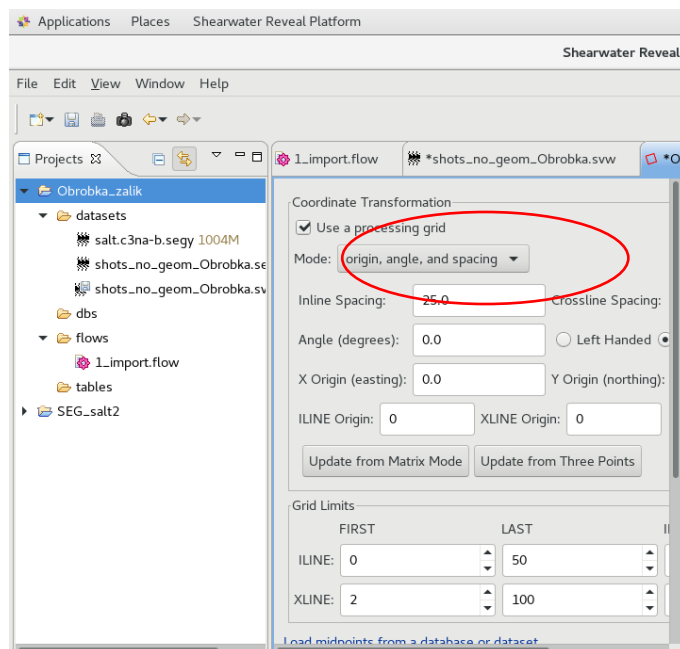


Рис. 11. Встановлення режиму для визначення гріду

Ми можемо використовувати базу даних заголовків у імпорті **shots\_no\_geom.seis**, набір даних, який допомагає в розробці геометрії. Натисніть на посилання Завантажте середні точки з а база даних або набір даних (**Load midpoints from a database or dataset**). Далі виберіть **shots\_no\_geom.seis**, середині точки повинні бути видимими.

**Вкажіть наступні параметри бінунга:**

Crossline Spacing	20
Inline Spacing	20
Angle	90
Handedness	Left
Origin X	4570
Origin Y	740
First ILINE	1
Last ILINE	48
First XLINE	1
Last XLINE	396

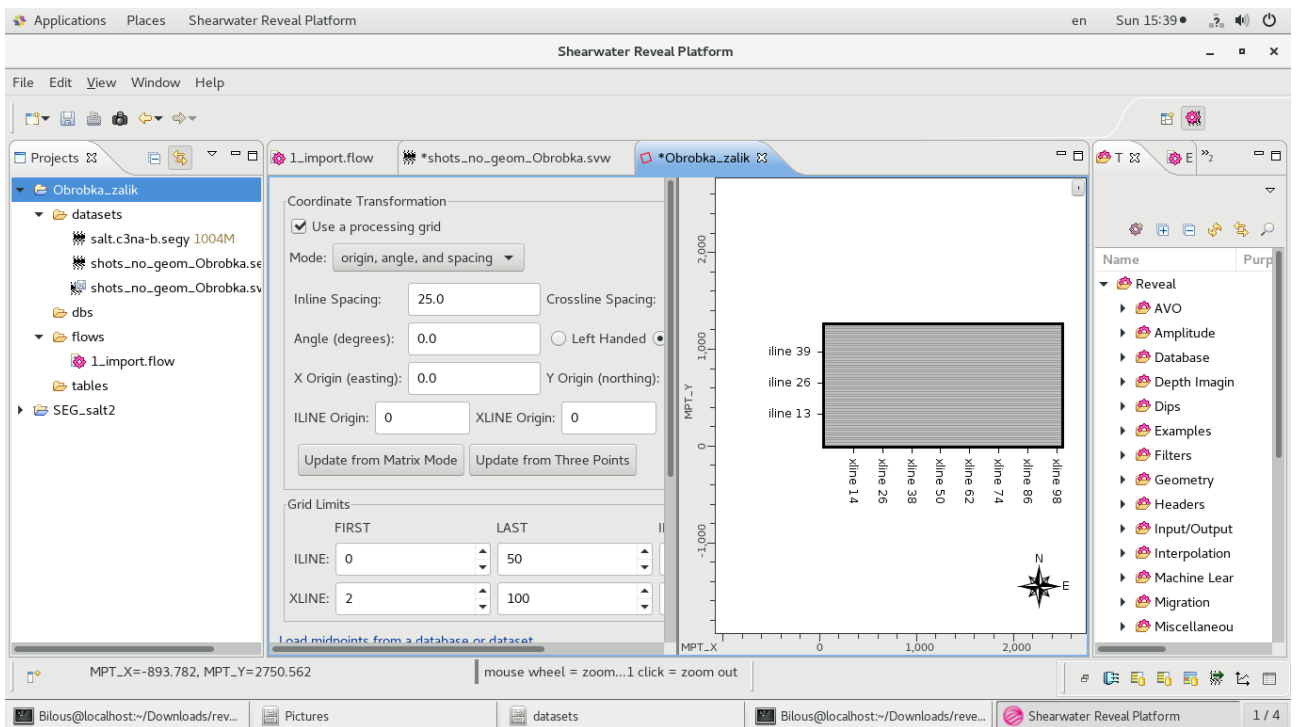


Рис. 12. Встановленні параметри бінюгу

Після того, як ці дані введено, ви повинні побачити, що оточення обстеження оточує серединні точки. Збільшіть масштаб, щоб переконатися, вимір точки правильно центрується в комірках(bins).

З головного меню виберіть «Файл»> «Зберегти», **File>Save** щоб зберегти та застосувати сітку до свого проекту.

### Завдання

1. Визначити геометрію бінювання.

### Вправа 3. Сортування за СГТ

У вікні "Проекти" **Projectsview**, клацніть правою кнопкою миші на **New>Flow**. Виберіть **2\_sort\_shot\_to\_cdp** для ім'я потоку і натисніть **Finish**.

Створіть наступний потік:

- ⚙️ **JobSetup**
- ⚙️ **Input**  
Path.....`${project}/datasets/shots_no_geom.seis`
- ⚙️ **HeaderSetup**
  - \*Compute XLINE and ILINE..... Selected
  - \*Compute BIN\_X and BIN\_Y..... Selected
  - \*Compute SRC\_XLINE, SRC\_ILINE, REC\_XLINE, and REC\_ILINE Selected
  - \*Compute OFFSET\_DXL, OFFSET\_DIL, and AZIMUTH ... Selected
- ⚙️ **IfElse**  
Condition..... `REC_Y!=0`  
*The dataset contains an auxiliary trace. In most datasets, auxiliary traces can be excluded by selecting `TRC_TYPE!=1`, but unfortunately not for this dataset. However, the trace can be filtered out by its `REC_Y` coordinate.*
- ⚙️ **WindowSort**  
..... **3**  
..... **ILINE**  
..... **XLINE**  
..... **OFFSET**
- ⚙️ **Output**  
Path.....`${project}/datasets/cdps.seis`

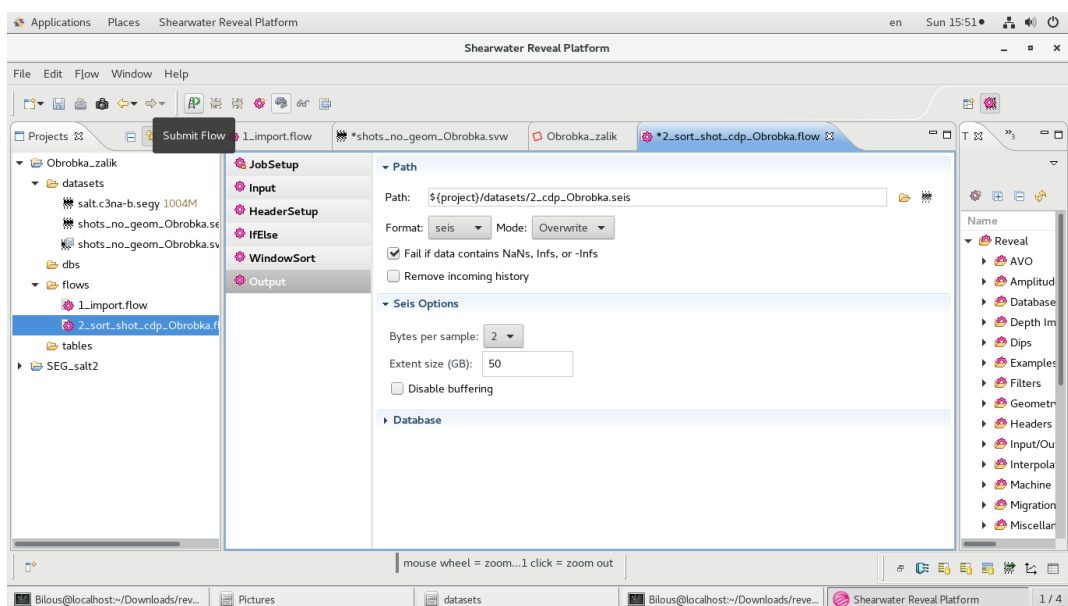


Рис. 13. Створення інструментів та заголовків

Інструмент **HeaderSetup** містить наступні заголовки:

- XLINE and ILINE (32-bit ints)
- BIN\_X and BIN\_Y (doubles)
- SRC\_ILINE and SRC\_XLINE (floats)
- REC\_ILINE and REC\_XLINE (floats)
- MPT\_ILINE and MPT\_XLINE (floats)
- OFFSET\_DXL, OFFSET\_DIL, AZIMUTH (floats)

В 2D проекті SRC\_ XLINE, REC\_ XLINE, MPT\_ XLINE, і XLINE змінені на SRC\_ CMP, REC\_ CMP, MPT\_ CMP, і CMP, і ILINE заголовки опущені.

Модуль **WindowSort** сортує сліди в рухомому вікні. Це автоматично Вибирає, чи зберігати дані на диску чи в пам'яті. Інший поширений спосіб сортування - це сортування на вході

### **Завдання**

1. Виконати сортування за СГТ

## Вправа 4. Пікування початкових швидкостей

Після того, як геометрія буде правильно визначена, а дані відсортовані до СГТ, то проект готовий до інтерактивної обробки. У першому потоці ви будете інтерактивно вибрати спектри видимої швидкості. Створіть це за допомогою інструмента:

1. Клацніть правою кнопкою миші на папці потоків вашого проекту та виберіть **New>VelocityAnalysisFlow**.
2. Виберіть ім'я **3 pick\_ vels** і клікніть **Next**.
3. Натисніть **Browse** праворуч від **Inputdatasetfield** і оберіть **2 cdps.seis**.
4. Введіть **initial\_ vels\_ rms** для назви таблиці швидкості та клацніть **Next** двічі.
5. Натисніть **Use a pickinggrid**, оберіть **20** для **CrosslineIncrement** і **20** для **CrosslineIncrement**.

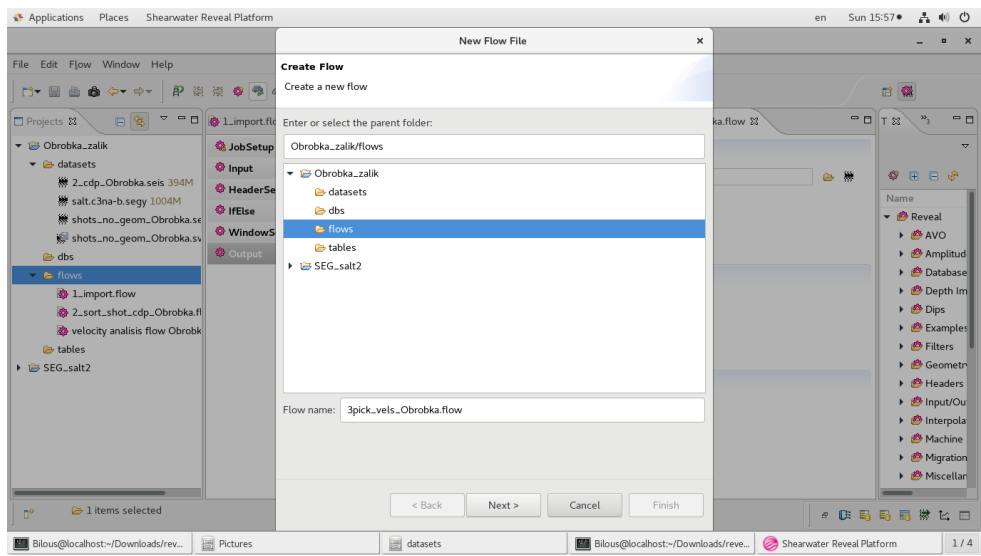


Рис. 14. Завантаження даних для швидкісного аналізу

6. Натисніть **Finish**.

7. Reveal запропонує перейти в інтерактивний вид. Натисніть **Yes**.

Інтерактивний аналіз швидкості тепер відображається в інтерактивному виді.

1. Перейдіть до розташування у вашому наборі даних, натиснувши карту збирання у вікні **DataNavigationview**.

2. Увійдіть у режим вибору, натиснувши значок вибору  у верхньому правому куті **Probesview**.

3. Виберіть, клацнувши в панелі видимості.

4. Клацніть на карті у вікні **DataNavigationview**, щоб перейти до іншого місця огляду.

5. Виберіть **Flow>PickingGridNext** для переміщення вздовж сітки ґриду.

6. Виберіть **Probes** вид і натисніть **Ctrl-Shift-F** переключіться на повноекранний режим. Використовуйте **F3** і **F4** для орієнтування на сітці ґриду. Крім того, на панелі інструментів вище вікна зондів знаходяться дві стрілки, які можуть бути використовується для навігації. Натисніть **Esc**, щоб вийти.

7. Виберіть у кількох місцях дослідження та натисніть **Ctrl-S** для збереження потоку та швидкості вибору.

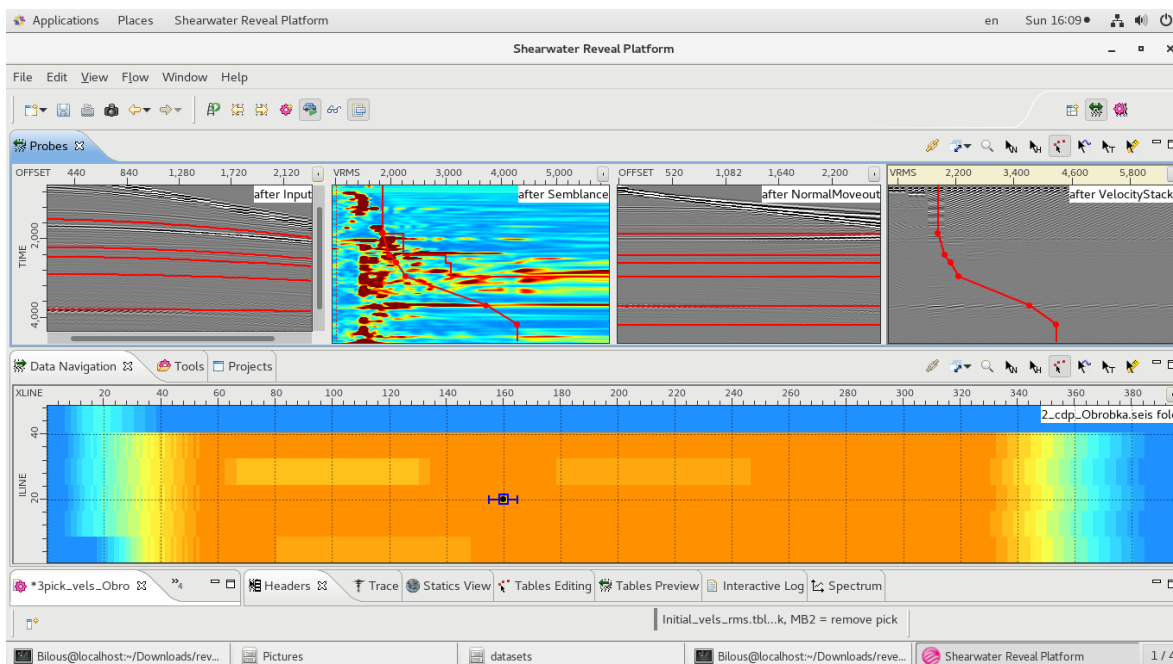


Рис. 15. Переключення на повноекранний режим. Використовуйте F3 і F4 для орієнтування на сітці ґриду.

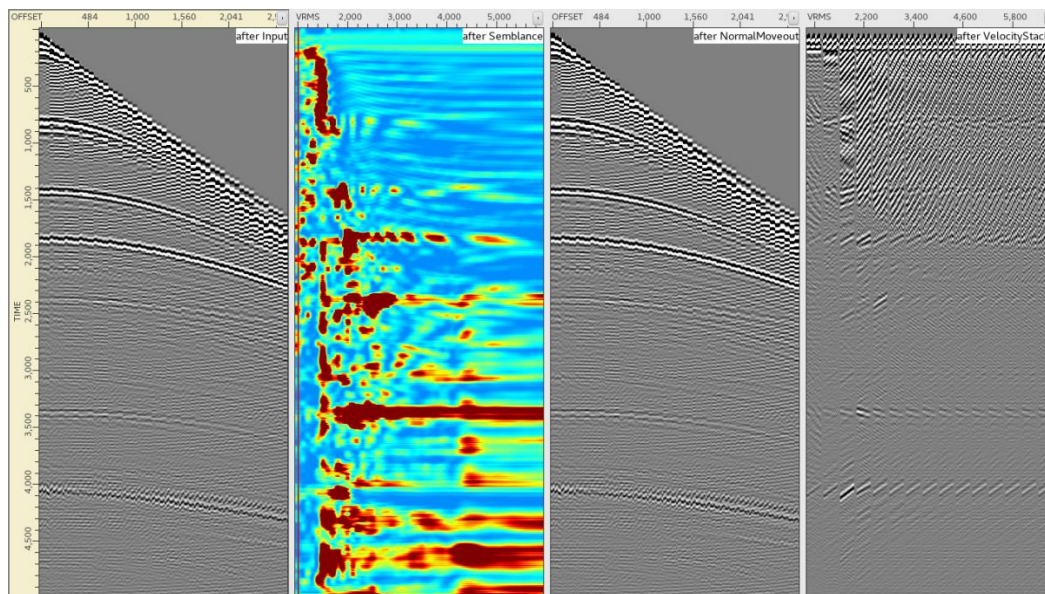


Рис. 16. Отриманні результати швидкісного аналізу

1. Створити потік аналізу швидкостей.
2. Підготувати дані для аналізу.
3. Виконати швидкісний аналіз.

## Вправа 5. Stacking



1. Натискаємо значок у верхньому правому куті.
2. В **Projectsvi**ew оберемо **New>Flow**. Далі **4\_stack** і **Finish**.

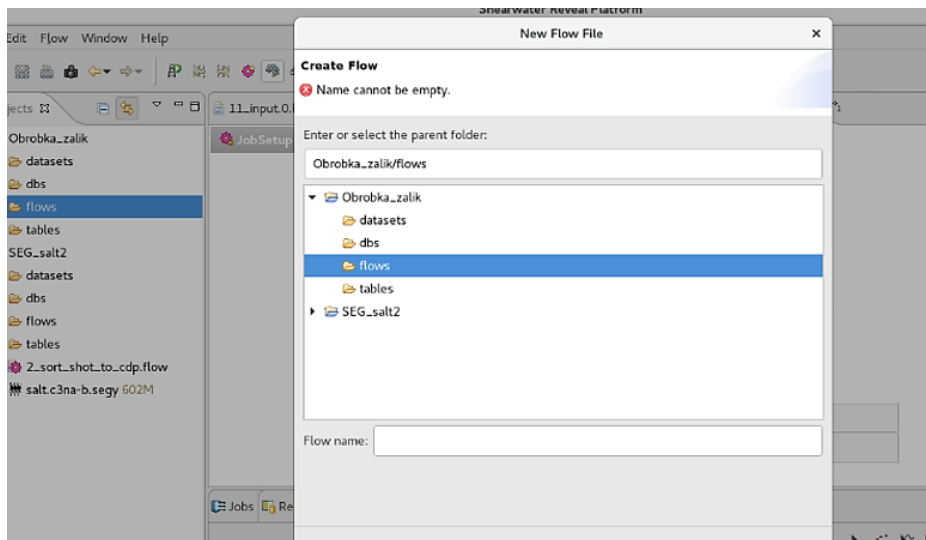
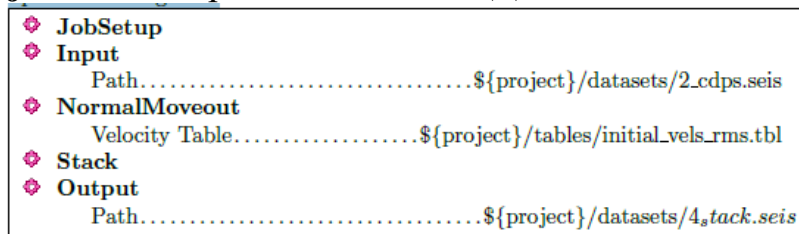


Рис.17. Створення New>Flow.

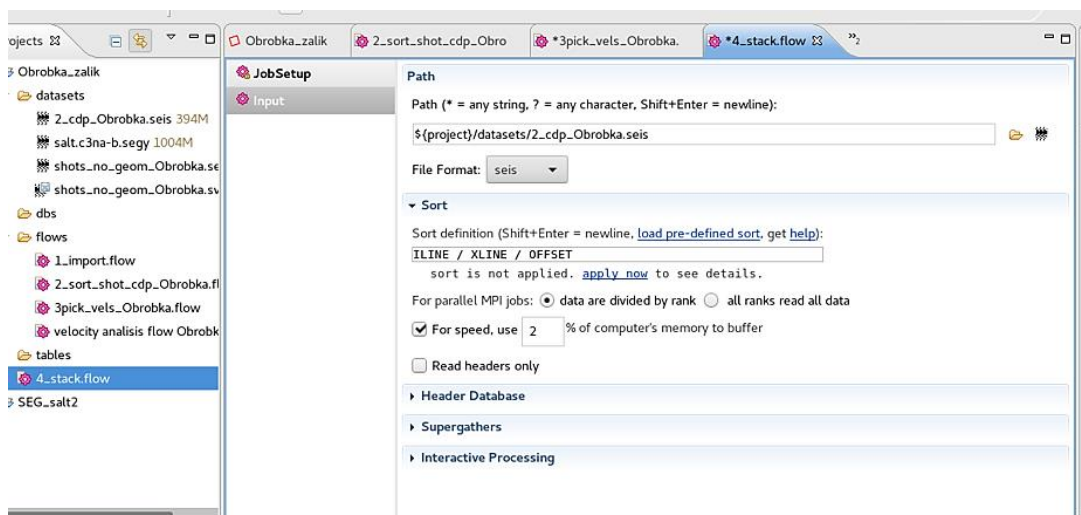


Рис. 18. Побудова для Stacking (Накладання)

3. Застосовуємо потік (Flow)

4. **stack.seis** тепер має бути видно в **Projectsvi**ew під **SEG salttutorial>datasets** папка.

5. Подвійний клік на **4 stack.seis** щоб відкрити його в перегляді.

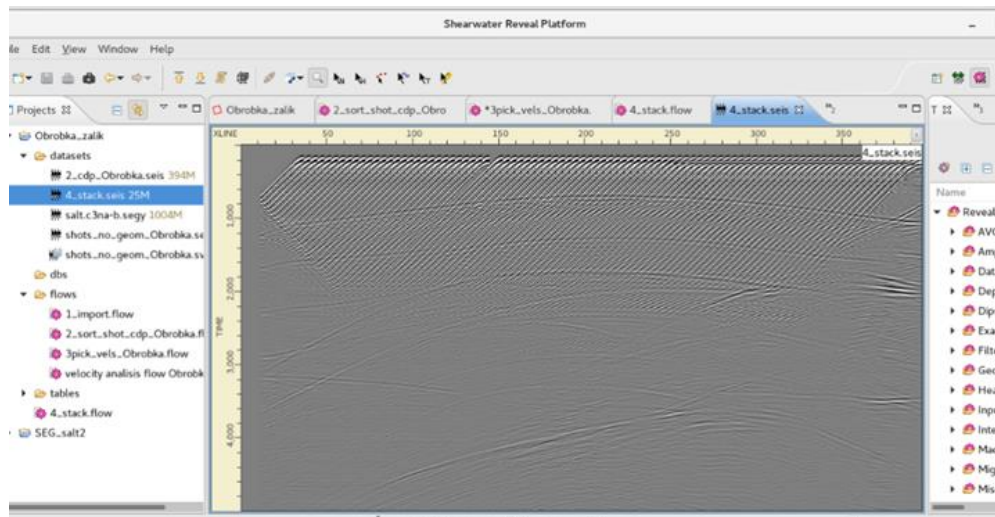




Рис. 19. Результати процедури Stacking (Накладання)

## Завдання

1. Створити потік Stack
2. Застосувати потік
3. Відкрити підсумовані дані у вікні перегляду

## Вправа 6. Застосування м'ютингу

1. Відкрийте **4 stack.flow**.
2. Оберіть **Inputtool** та почніть вводити "p", щоб додати інструмент **Probepісля Input**.
3. Якщо ви перебуваєте в **Batchperspective**, виявлення запропонує вам перейти на інтерактивну перспективу. Натисніть **Yes**.
4. Якщо в зонді немає даних, перейдіть до місця з даними у вікні **DataNavigation** по каналах даних.
5. У редакторі потоку додайте інструмент **MuteafterProbe**. Двічі клацніть, щоб відкрити його меню. Додайте **Tablefield** до поля таблиці, натиснувши значок . Відкриється діалогове вікно **NewPickTable**.
6. Введіть ім'я **mute** і натисніть **OK**.
7. Введіть вибір у режимі **Probemode**, натиснувши значок  вибору у правому верхньому куті вікна зондів.
8. Виберіть функцію, яку необхідно зам'ютити натиснувши у вікні перегляду. Видаліть **pick**, натиснувши середню кнопку миші (MB2).
9. Додайте іншу **Probetooly** потік після **mute**. Це показуватиме дані після застосування м'ютингу.

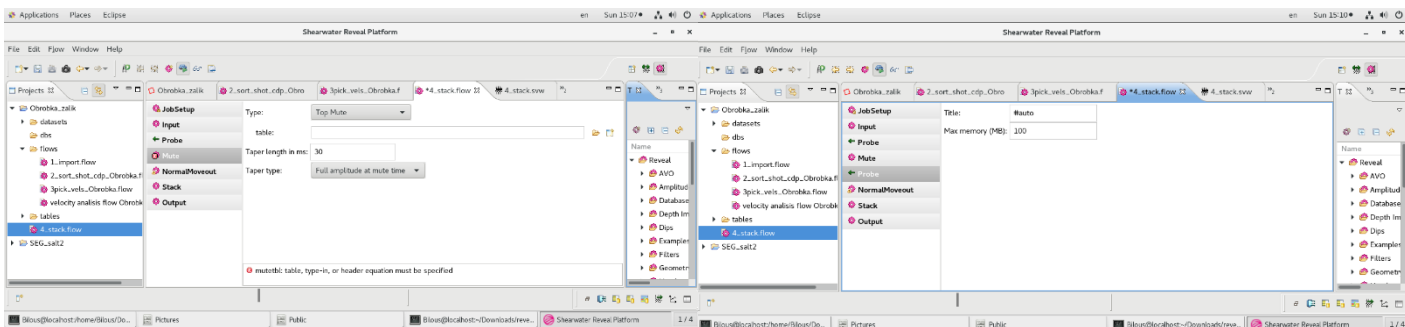


Рис.20. Задання інструментів для м'ютингу

10. Запустіть стек, вибравши пункт **Flow>SubmitFlow** у головному меню.  
Після завершення потоку пакет даних **stack.seis** міститиме приглушені дані. Потрібно закрити та знову відкрити **stack.seis**. Перед тим як побачити зміни.

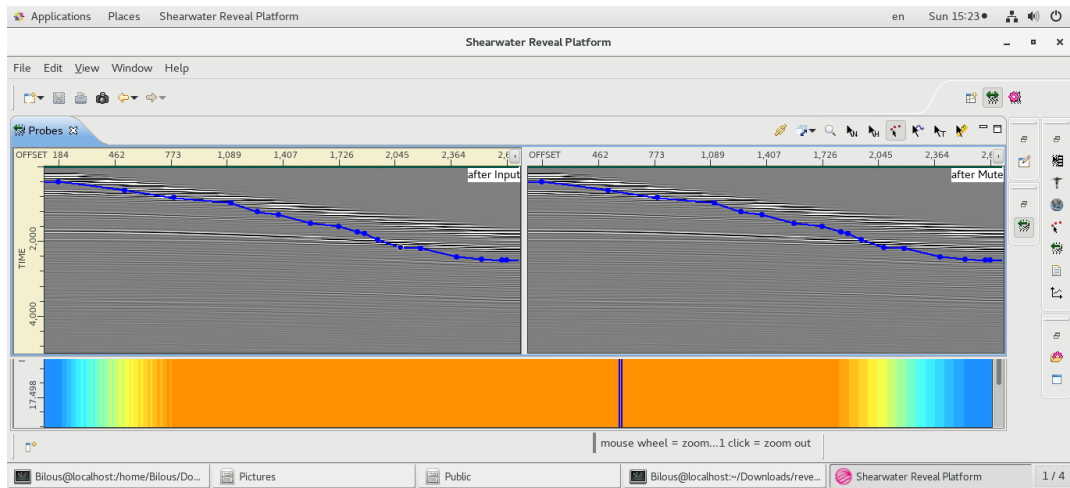


Рис. 21. Результати застосування м'ютингу

### Завдання

1. Відкрити потік підсумування.
2. Додати інструмент mute у потік.
3. Зам'ютити необхідні дані.
4. Візуалізувати результат м'ютингу.

## Вправа 7. Міграції

### 7.1 Post-Stack часовіміграції

Створюємо новий потік з назвою **5\_PostSTM.flow**:

✿	<b>JobSetup</b>	
✿	<b>Input</b>	
	Path.....	<code>\${project}/datasets/4_stack.seis</code>
✿	<b>PreStackTime**</b>	
	Velocity file.....	<code>\${project}/tables/initial_vels_rms.tbl</code>
✿	<b>Output</b>	
	Path.....	<code>\${project}/datasets/5_poststm.seis</code>

Вибираємо **Geometrymode** як **poststack** (offbin за замовчуванням)

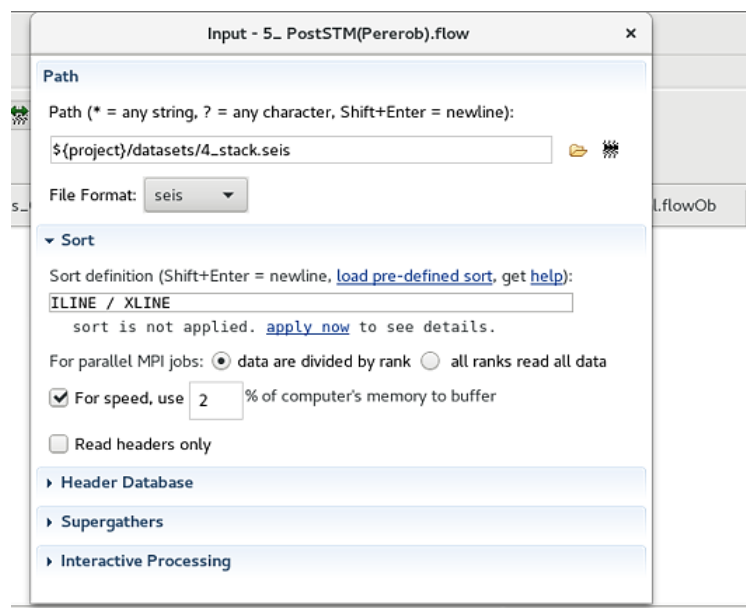


Рис. 22. Створення нового потоку 5\_PostSTM.flow

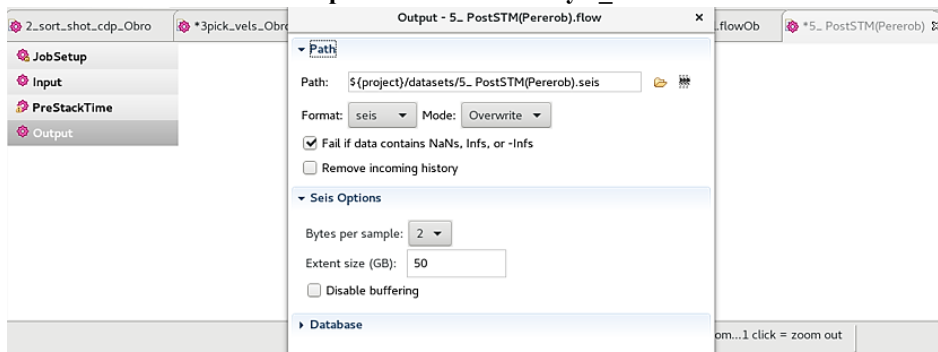


Рис. 23. Введені дані Post-Stack часові міграції

### 7.2 Серійніміграції (Serialmigrations)

Створюємо новий файл з назвою **6\_pstm\_serial.flow**:

❖	<b>JobSetup</b>	
❖	<b>Input</b>	Path.....\${project}/datasets/2_cdps.seis
❖	<b>OffsetBinStack</b>	Number of bins .....27 <i>Typically the number of bins is set to be large enough to include all the traces in the dataset, though it is OK to throw away traces at far offsets if there is sufficient fold for a reasonable migration result. The offset range of a dataset can be seen by finding the dataset in the Projects view, right-clicking (MB2), selecting <b>Properties</b> &gt; <b>Database</b>, and looking at the range of offsets. For marine dataset, the bin width is usually one or two times the shot spacing.</i>
❖	<b>WindowSort</b>	Sort keys ..... OFFBIN, ILINE, XLINE
❖	<b>Output</b>	<i>The data passed into PreStackTime must be offset-bin sorted. The sort has to read through almost the entire dataset in order to form the first gather, so we specify a window size larger than the entire dataset.</i>
❖	<b>PreStackTime</b>	Velocity file ..... \${project}/tables/initial_vels_rms.tbl First ILINE ..... 24 Last ILINE.....24 Traces in window ..... 500,000 <i>In order to keep the runtime small, we will limit the output to a single inline.</i>
❖	<b>Output</b>	Path ..... \${project}/datasets/6_pstm_serial).seis

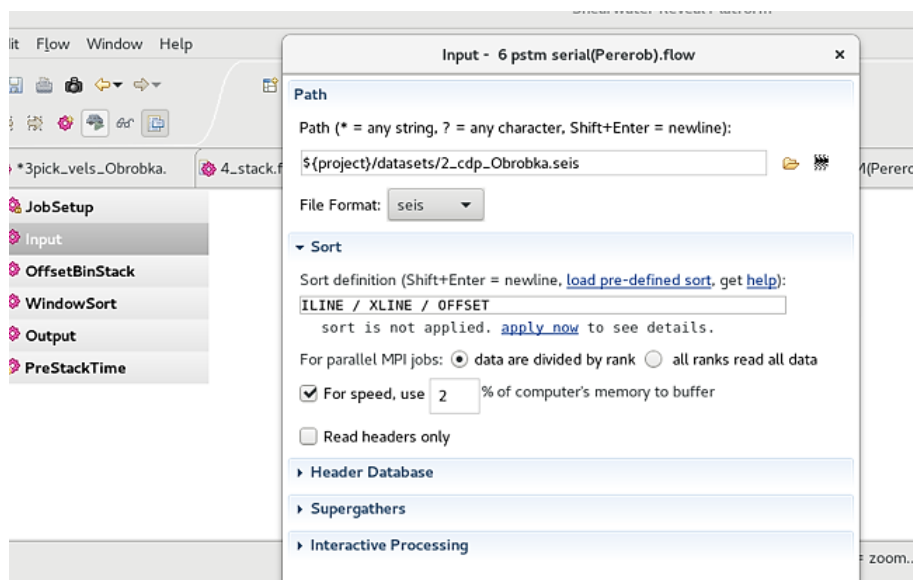


Рис. 24. Створення нового файлу з назвою 6\_pstm\_serial.flow:

Виконання цієї роботи для отримання результатів 3D міграції для одного інлайну. Робота повинна зайняти декілька хвилин.

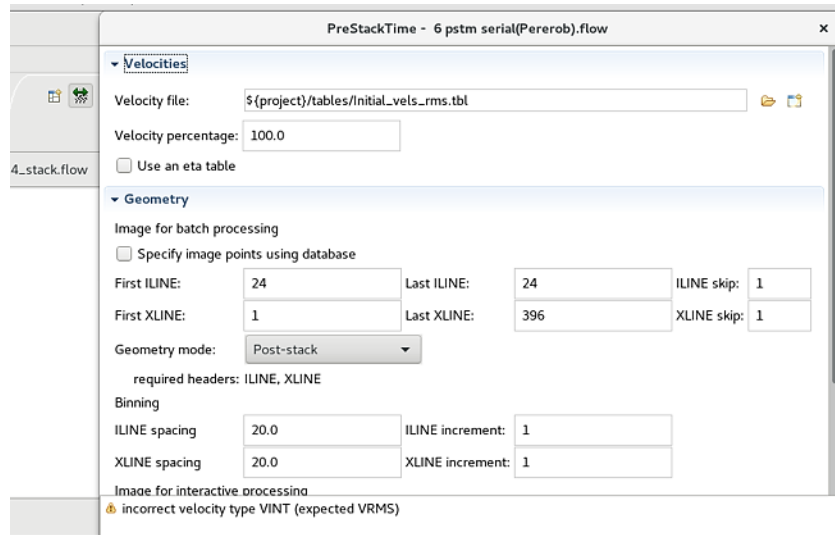


Рис. 25. Серійні міграції (Serialmigrations)

### 7.3 Паралельна міграція (ParallelMigration)

Далі необхідно виконати «паралізацію» **prestack** часовий потоків і буде змога запуснути їх як декілька робіт. Кожна робота буде мігрувати різні дані.

Робимо дві копії цієї роботи. З **Project view**, оберемо **6\_pstm\_serial.flow**, правий клік та **Copy** та знову правий клік та **Paste**. Називаємо новий потік **6a\_pstmprep.flow**. Іншу копія **6b\_pstm\_parallel.flow**.

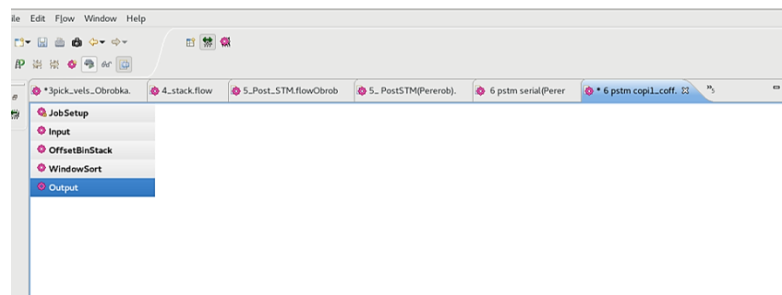


Рис. 26. Створення копії роботи

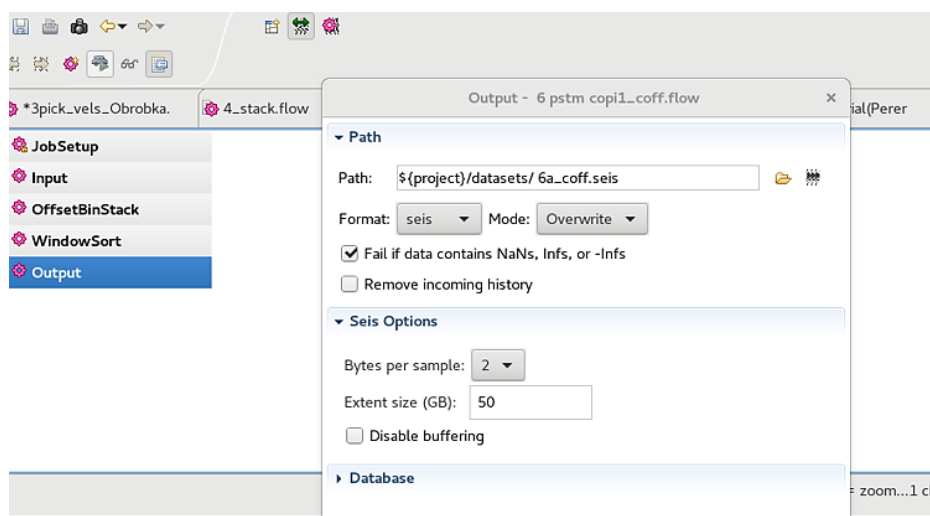


Рис. 27. Налаштування копії

Модифікуємо **6a\_coff.flow** видаливши **PreStackTime** модуль. Після цього це має виглядати як послідовність:

❖	<b>JobSetup</b>	
❖	<b>Input</b>	
	Path.....	\${project}/datasets/2_cdps.seis
❖	<b>OffsetBinStack</b>	
	Number of bins.....	27
❖	<b>WindowSort</b>	
	Sort keys.....	OFFBIN, ILINE, XLINE
	Traces in window.....	500,000
❖	<b>Output</b>	
	Path.....	\${project}/datasets/6a_coff.seis

Запускаємо цей потік для створення об'єму спільних офсетів для використання як вхідні дані для міграції.

Змінюємо **6b\_pstm\_parallel.flow** щоб він виглядав так:

❖	<b>JobSetup</b>	
❖	<b>Input</b>	
	Path.....	\${project}/datasets/6a_coff.seis
	Sort def.....	OFFBIN / ILINE / XLINE.
❖	<b>PreStackTime</b>	
	First ILINE.....	1
	Last ILINE.....	48
❖	<b>Output</b>	
	Path.....	\${project}/datasets/6b_pstm.seis

Запускаємо характеристику **jobreplication** вміст якої дозволить одному потоку бути виконаному як декільком **replicajobs**, кожен з унікальним **replicanum**(повторенням) поміж першою роботою та номером скопійованої роботи.

Якщо є параметри які потрібно змінювати між роботами, вони можуть бути змінені через **substitutionexpressions** чи **substitutiontable**, обидва з яких визначають положення між повтореннями та встановлюють параметри.

1. Відкриваємо **Replicas**, обравши **Window>Show View>Replicas**. В **JobSetup** меню файлу **6b\_pstm\_parallel.flow**:
2. Змінюємо кількість повторень до 27.  
-27 рядків мають з'явитися в **Replicasview**.

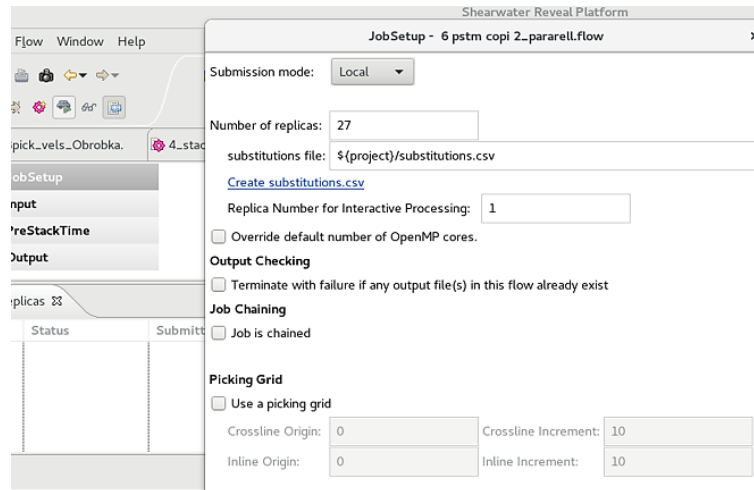


Рис. 28. Створення Replicas

### 3. В меню **Input**:

- Правий клік на текстовому полі для визначення та з контекстного меню обираємо **SubstitutionUsingaPythonExpression**.

- Для цієї точки, задній фон тексту змінюємо на жовтий. Це означає, що це текстове вікно містить заміщення виразу.

- Вводимо **"OFFBIN "+str (replicanum)+" / ILINE / XLINE"**. Після вводу, бачимо повторні зображення, які показують що вхідні дані Input будуть визначати різні біни розносів в кожному повторенні.

### 4. в меню **Output**:

-правий клік в текстовому вікні **Path**, та формуємо контекстне меню вибравши **SubstitutionUsinga PythonExpression**.

- Для цієї точки, задній фон тексту змінить на жовтий. Це означає, що це текстове вікно містить заміщення виразу.

**-"\$fprojectg/datasets/6b pstmcoeff"+str(replicanum)+".seis"**.

Після вводу бачимо повторні зображення, які показують, що кожне повторення буде записано в різні дата сети.

Далі запускаємо один з цих повторень роботи для тестування потоку.

1.Правий клік на любій клітинці в рядку для 21-го повторення.

2. В контекстному меню, яке з'явиться, клікаємо**Submit**.

3. Повторне зображення показує прогрес інформації для роботи. Робота має бути завершена за декілька хвилин.

Перевіряємо свою роботу подивившись output (вихідний) дата сет, який має бути названий **6b\_pstm\_coff21.seis**.

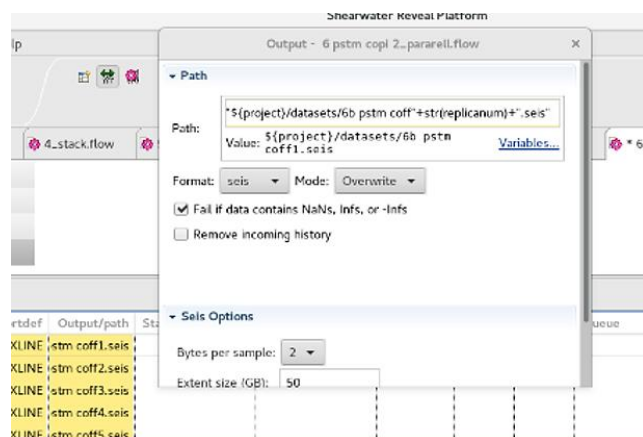
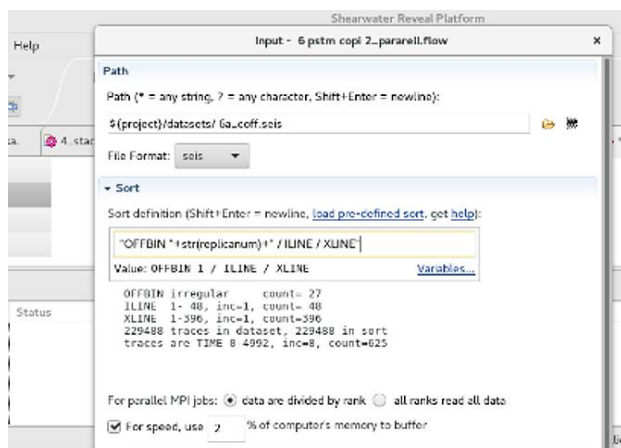


Рис. 29. Введення логічного виразу Input/Output

Для виконання всіх завдань ймовірно необхідно мати кластер обробки.

Проте за відсутності кластера їх можна запускати послідовно на єдиному комп'ютері. Запуск послідовно на одному комп'ютері не буде швидшим, ніж запустити одну велику роботу.

1. В **Jobsetup**бираємо**Jobischainedtachainreplicassequentially**.

2. Відправляємо всі репліки одночасно. Для цього вибираємо першу копію.

Потім утримуючи клавішу SHIFT під час вибору останньої репліки. Це дозволить вибрати всі репліки. Нарешті клацніть правою кнопкою миші (MB) і виберіть **select**.

Повторення мають запуснитися одне за одним.

Коли повторення закінчаться ми створено третій потік з назвою **6c\_pstm\_combine.flow**, який поєднує всі спільні файли офсетів в одному об'єму вибірки.

```

JobSetup
Input
  Path ..... ${project}/datasets/6b_pstm_coff*.seis
  The * selects all matching files. Click the link called Show path(s)
  matching expression to see all the files that will be included. All 27
  offset bins should be shown.
  Sort ..... ILINE / XLINE / OFFSET
Output
  Path ..... ${project}/datasets/6c_pstm_gathers.seis
  
```

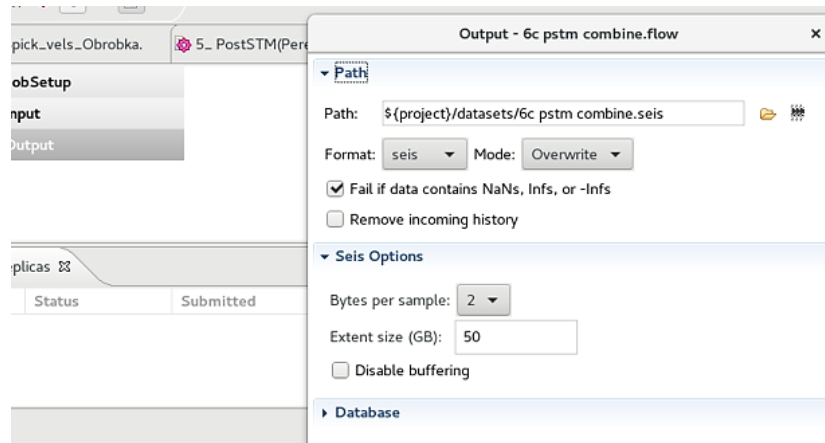


Рис. 30. Кінцевий вивід

Після цього фінальний об'єм готовий для м'ютингу та стакінгу. Можемо також експортувати це в формат **SEG-Y**.

### Завдання

1. Виконати Post-Stack часову міграцію.
2. Виконати serialmigrations.
3. Виконати паралельну міграцію.

## Рекомендована література:

### Основна:

1. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М. Наука, 1973.
2. Гогоненков Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой. М., Недра, 1987.
3. Клаербоут Дж. Сейсмическое изображение земных недр. М., Недра, 1989.
4. Клаербоут Дж. Теоретические основы обработки геофизической информации. М., Недра, 1981.
5. Козлов Е.А. и др. Цифровая обработка сейсмических данных. М., Недра, 1973.
6. Робинсон Э.А. Метод миграции в сейсморазведке. М., Недра, 1988.
7. Сильвия М.Т., Робинсон Э.А. Обратная фильтрация геофизических временных рядов. М., Недра, 1983.
8. Уидроу Б. и др. Адаптивные компенсаторы помех. ТИИЭР, 1975, с.63, 67-98.
9. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. М., Радио и связь, 1989.
10. Хаттон Л. и др. Обработка сейсмических данных. М., Мир, 1989.
11. Вижва С.А., Тищенко А.П. Математична обробка сейсмічних даних на ЕОМ, Київ, КНУ, 2013

### Додаткова:

1. Аки Х., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. в 2-х т. М., Мир, 1983.
2. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике. М., Недра, 1990.
3. Рапопорт М.Б. Вычислительная техника в разведочной геофизике. М., Недра, 1984.
4. Сейсморазведка. Справочник геофизика (в двух книгах). – М.: Недра, 1990.
5. Чжань Ч.Х., Робинсон Э.А. Анализ и выделение сейсмических сигналов. М., Мир, 1986.
6. Yilmaz O. SeismicDataProcessing / O. Yilmaz – Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 1994. – 526 p.
7. Yilmaz O. Seismic Data Analysis / O. Yilmaz – Tulsa: Society of Exploration Geophysicists, 2001. – 2027 p.