

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ННІ «Інститут геології»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

з виконання лабораторних робіт

з навчальної дисципліни **«Сейсмометрія»**

для студентів бакалаврів 4 курсу «103-Науки про Землю»

за освітньо-професійною програмою «Геофізика»

Київ 2020

Методичні вказівки з виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Сейсмометрія» для студентів бакалаврів 4 курсу «103 Науки про Землю» за освітньо-професійною програмою «Геофізика» / П.М. Кузьменко, А.П. Тищенко – електронне видання, 2020. – 50 с.

Автори: Кузьменко Павло Миколайович, кандидат геологічних наук, доцент  
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 «Сейсмометрія» за спеціальністю 103 Науки про Землю. Висвітлені основи структурної інтерпретації сейсмічних даних у програмному забезпеченні Petrel.

Розраховано на студентів бакалаврів та викладачів за спеціальністю 103 –Науки про Землю

## Зміст

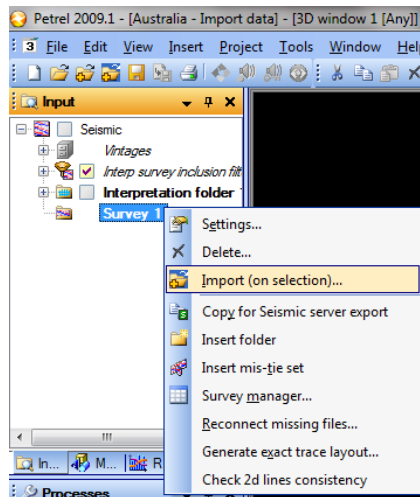
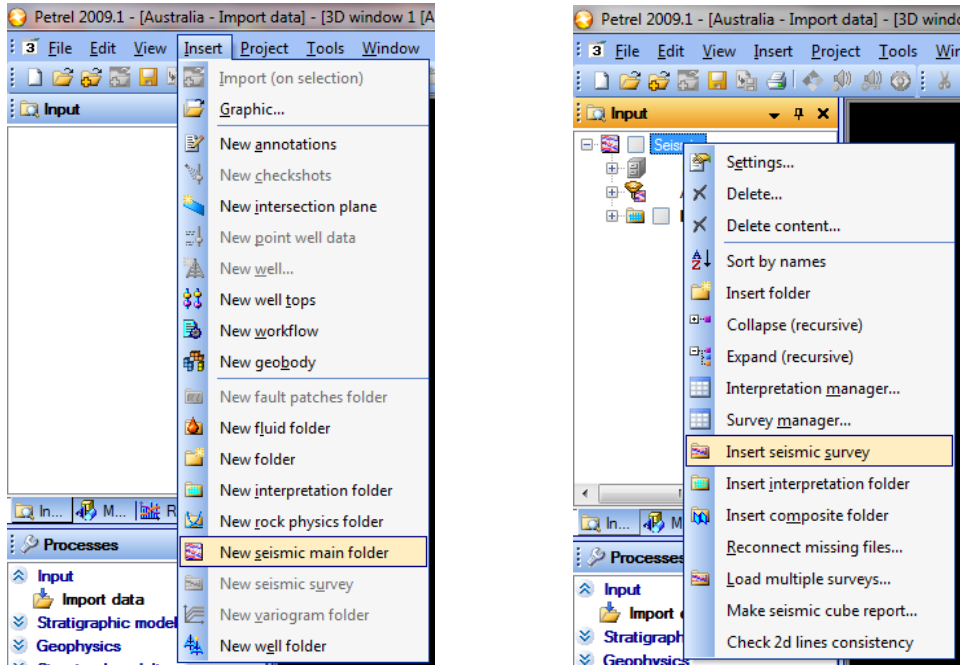
Вправа 1. Завантаження даних в проект .....	4
Вправа 2. Візуалізація та інтерпретація сейсмічних даних.....	17
Вправа 3. Створення поверхонь .....	25
Вправа 4. Моделювання розломів .....	29
Вправа 5. PillarGridding.....	33
Вправа 6. Створення горизонтів .....	37
Вправа 7. Глибинне перетворення .....	38
Вправа 8. Створення зон .....	40
Вправа 8. Створення нашарування.....	43
Вправа 9. Задання контактів між флюїдами.....	45
Вправа 10. Підрахунок запасів .....	47
Список рекомендованої літератури .....	50

## Вправа 1. Завантаження даних в проект

### 1.1 Завантаження сейсмічних даних

Створіть новий проект Petrel. Зайдіть в **Insert** і створіть нову сейсмічну папку **Newseismicmainfolder**.

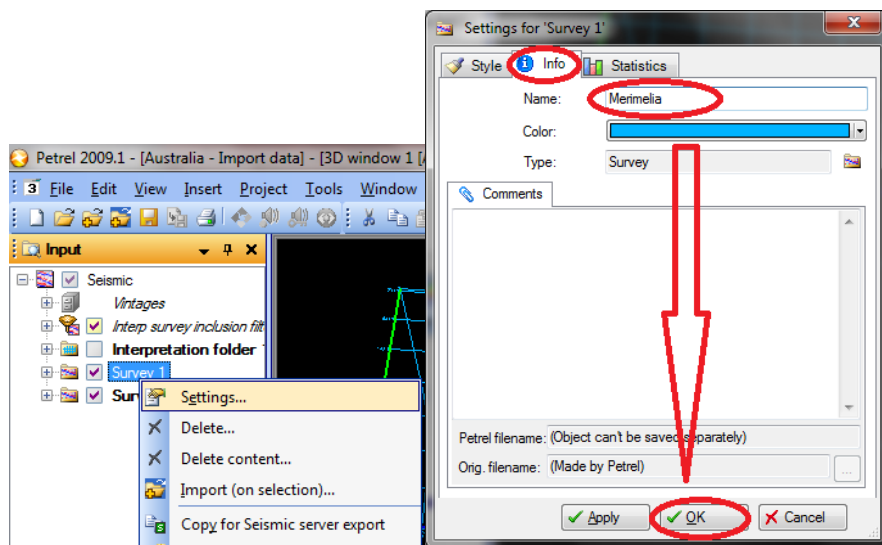
Далі клацніть на ній правою кнопкою миші (ПКМ) і додайте нову сейсмічну зйомку **Insert seismic survey**.



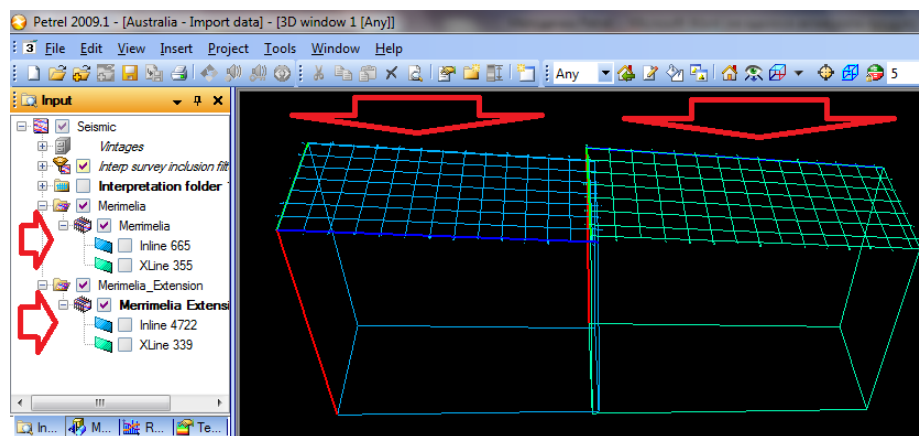
ПКМ на створеному **Survey 1** в контекстному меню **Import (on selection)**і вибираємо наш сейсмічний куб формату SEG-Үпідназвою**Merimelia**, який знаходиться у папці вхідних даних.Обов'язково перед відкриттям треба вибрати тип**SEG-YInputwithpresetparameters**.



Перейменування папок і файлів. Для перейменування будь-якого файлу або папки у вкладці **Input** потрібно клацнути ПКМ на потрібному об'єкті, вибрати пункт меню **Settings**,зайти у вкладку **Info** і змінити його ім'я **Name**.



Перейменуйте **Survey1** та **2** відповідно до назв кубів і поставте на них галочки. Куби з'являться в 3Двікні як показано на рисунку нижче.

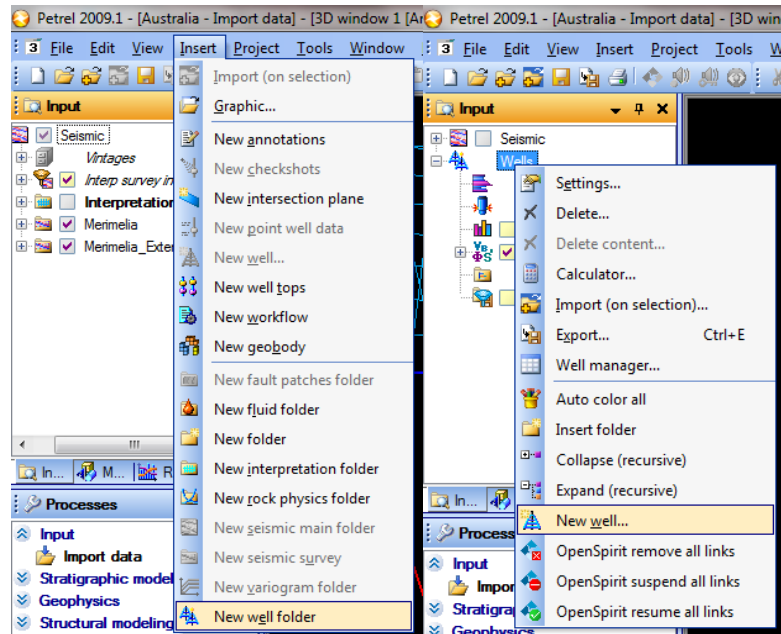


## Завдання

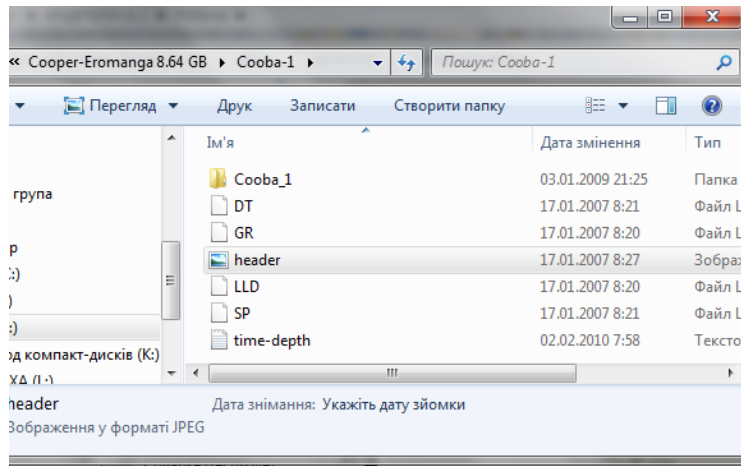
1. Створити новий проект.
2. Створити нові папки сейсмічних даних
3. Завантажити сейсмічні куби Merimelia, та MerimeliaExtension у відповідні папки.
4. Перейменувати сейсмічні папки відповідно до назви кубів.
5. Візуалізувати завантаженні дані.

## 1.2 Завантаження свердловинних даних

Створення свердловин. Спочатку потрібно створити нову папку свердловин. Для цього в меню **Insert** виберіть пункт **New well folder**. Далі створимо самі свердловини. ПКМ на щойно створеній папці **Wells** і жнемо **New well**.



При створенні нової свердловини потрібно вводити деяку інформацію про неї. В цьому проекті інформація заголовків свердловин міститься у файлах **header.jpg**, які знаходяться у папках свердловин **Cooba-1**, **Meranji-1** і **Pelican-5**. Кожна свердловина містить свій унікальний файл заголовків, що лежить у папці цієї свердловини. Отже потрібно знайти цей файл і переписати з нього у вікно **Create new well** характеристики, такі як ім'я свердловини **Name**, її символ **Well Symbol**, координати X та Y, відстань від устя свердловини до рівня моря **Kelly Bushing (KB) value**, виміряну глибину устя та забою **Top & Bottom Measured Depth (MD)**.



Файл **header.jpg**в папці свердловини.

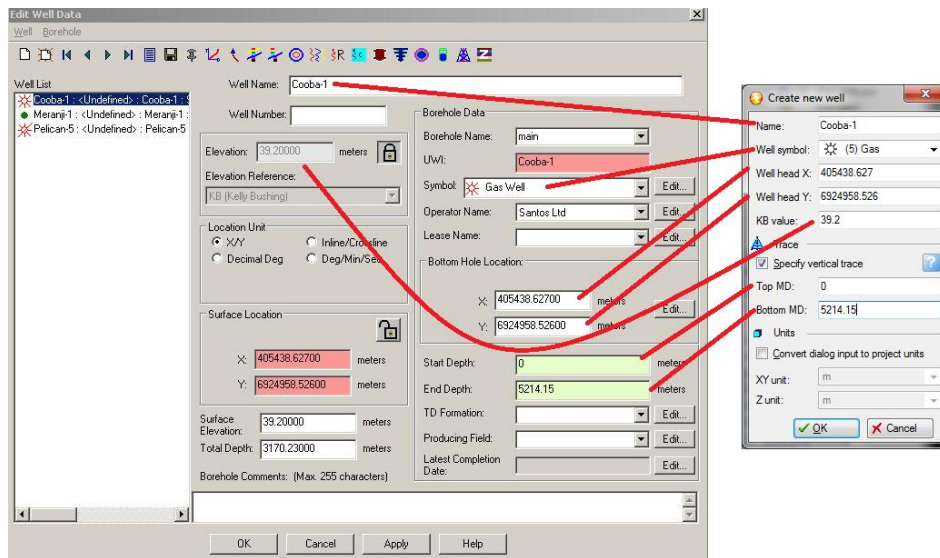
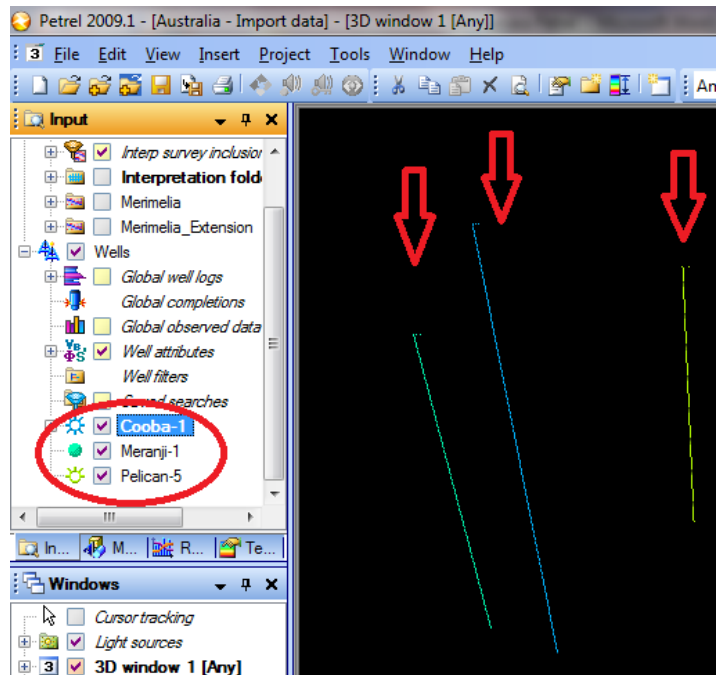
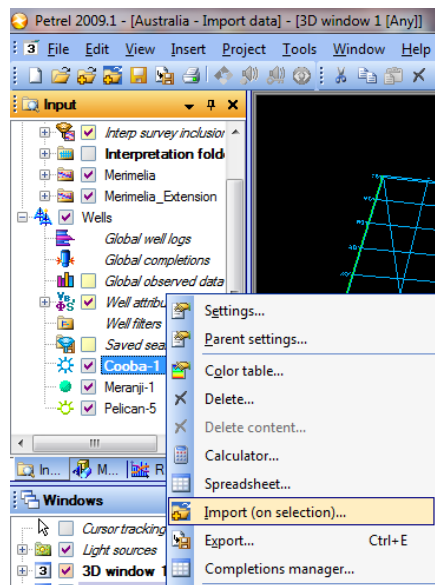


Схема перенесення характеристик з зображення **header.jpg** вікно створення свердловини.

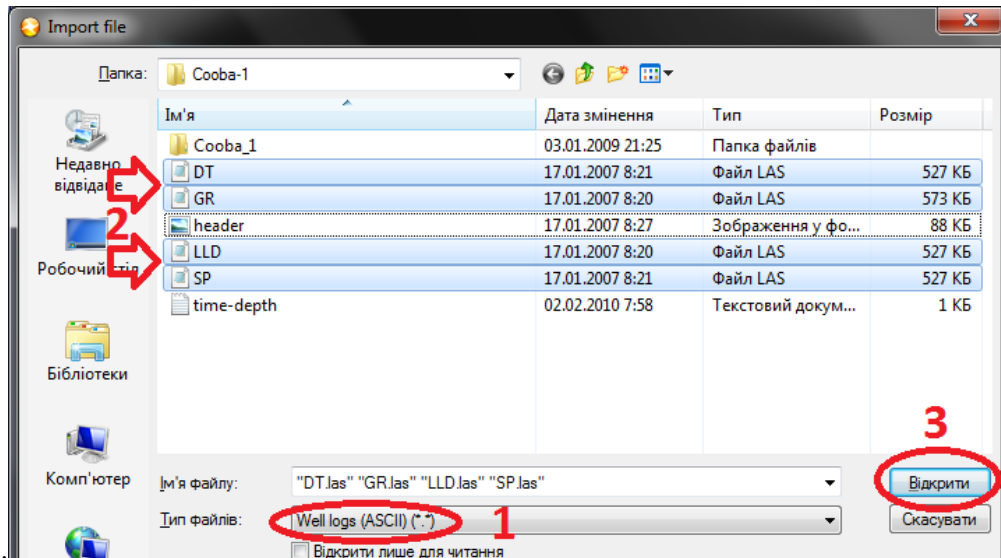
Цю операцію потрібно повторити зі всіма трьома свердловинами - **Cooba-1**, **Meranji-1** і **Pelican-5**. В результаті вони з'являться у вікні **Input**, а також якщо на них поставити галочки – в 3Dвікні, як показано на рисунку нижче.



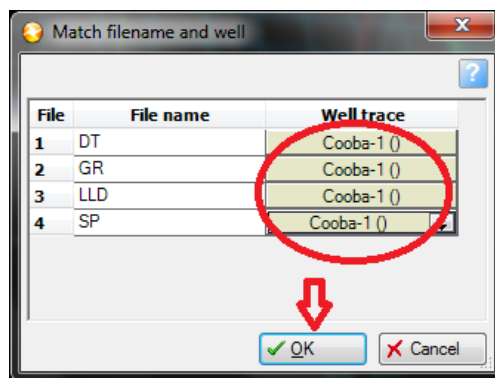
Після створення свердловин в них треба завантажити файли картожажу. Для цього спочатку клацаємо ПКМ на імені свердловини і вибираємо **Import (on selection)**.



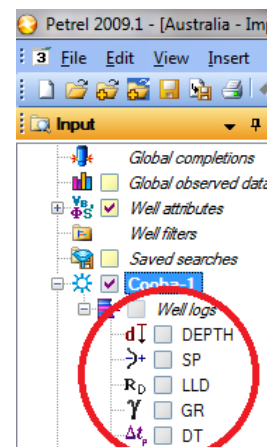
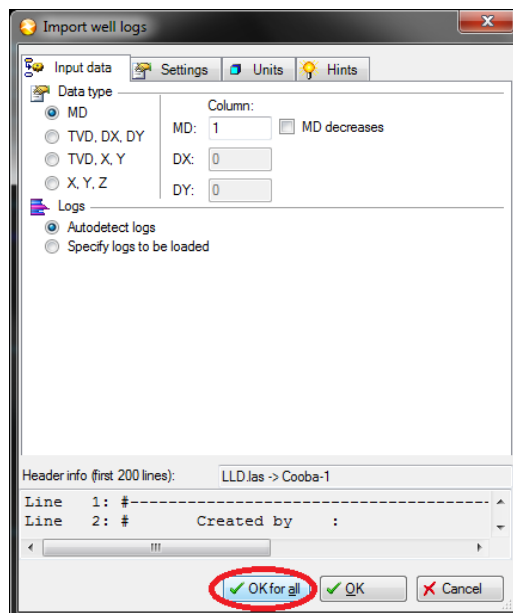
Потрібно вибрати тип файлу **Welllogs (ASCII)**, далі виділяємо через **Ctrl** доступні файли картожажу і відкриваємо їх



Ставимо у відповідність нашим файлам каротажу ім'я свердловини.



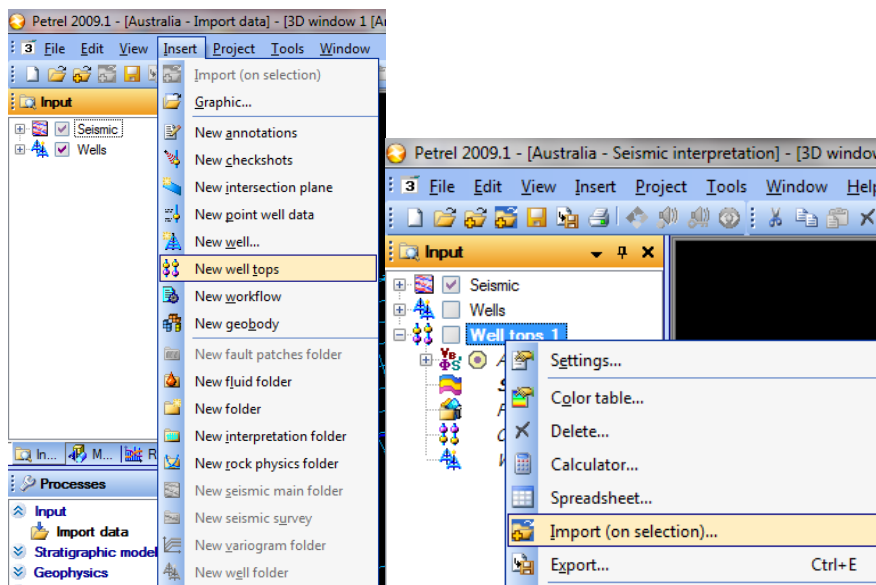
Далі лишаємо все як є і жмемо **OKforall**.



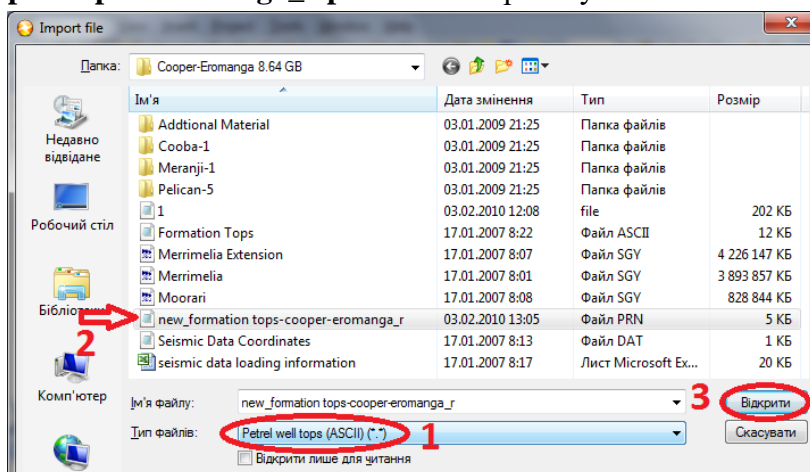
В результаті якщо розгорнути свердловинні дані, натиснувши на +, у вкладці **Welllogs** з'являться файли каротажу як на рисунку справа зверху.

Процедуру імпорту каротажних даних потрібно виконати для усіх трьох свердловин **Cooba-1**, **Meranji-1** і **Pelican-5**. Файли каротажу формату LAS знаходяться у відповідних папках свердловин.

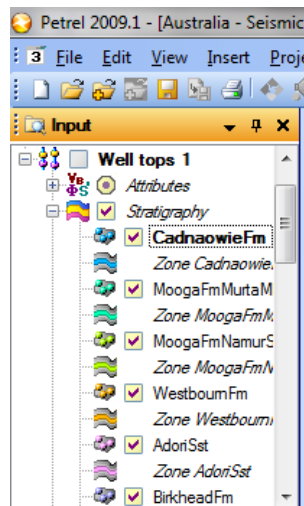
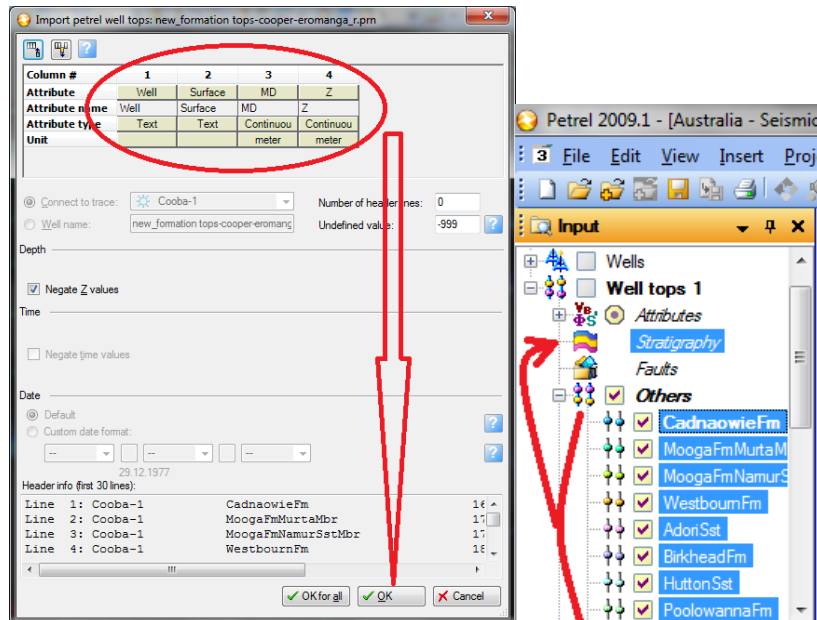
Імпорт відбитків горизонтів **Welltops**. Спочатку створимо папку відбитків **Insert - >Newwelltops**. Потім ПКМ на створеній папці та **Import (onselection)**.



Вибираємо тип файлу **Petrelwelltops (ASCII)** і відкриваємо файл **new\_formationtops-cooper-eromanga\_r.prnz** папки проекту.

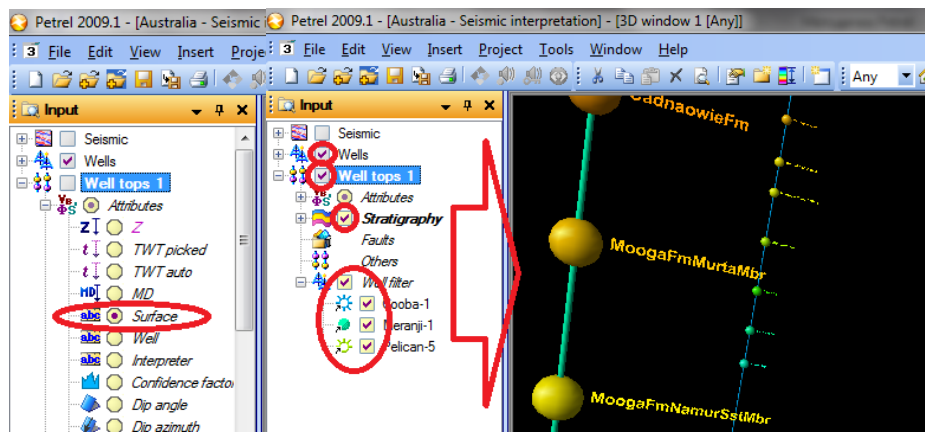


Далі потрібно залишити 4 колонки з параметрами, як на рисунку нижче, при цьому кожна колонка відповідає колонці у файлі, заголовки якого **Headersinfo** відображаються внизу вікна. Після цієї операції в папці **Welltops 1/Others** з'являться файли відбитків горизонтів. Потрібно виділити їх всі через **Ctrl** або **Shift** і перетягнути в папку **Stratigraphy**.

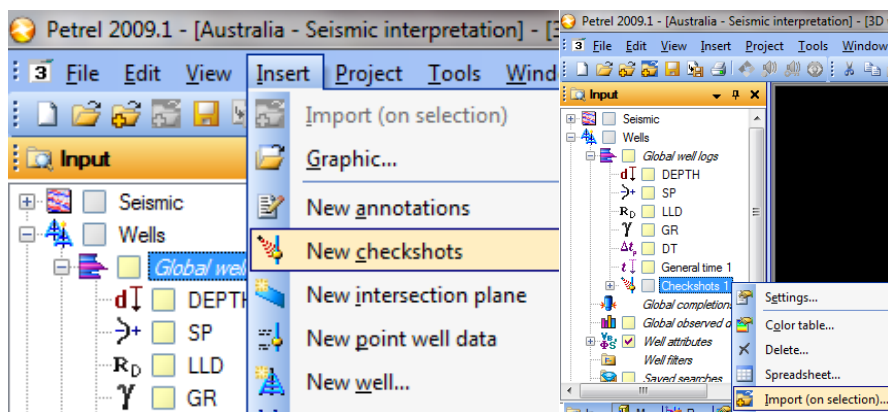


В кінцевому результаті отримаємо картину, як на рисунку вище.

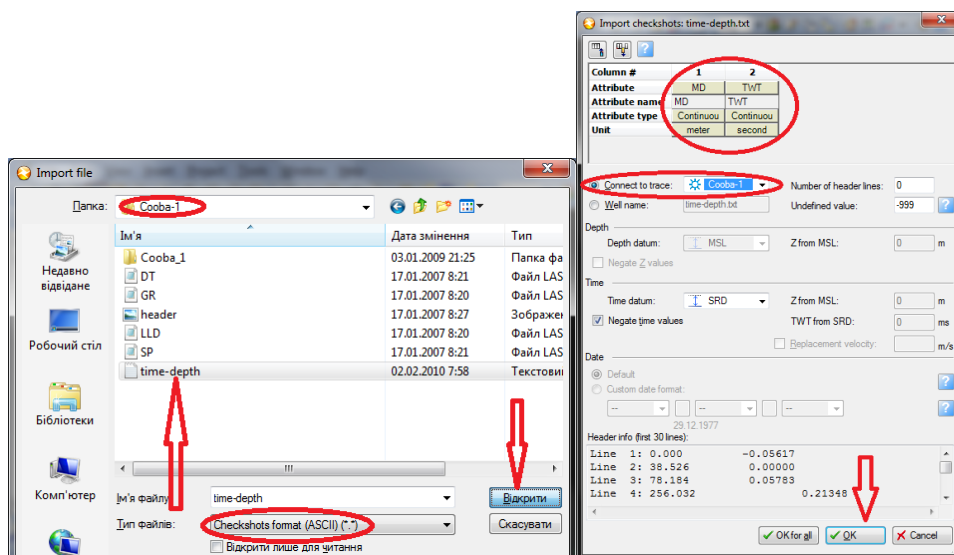
Далі подивимось на наші відбитки. Поставимо галочку на **Surfaceu** папці **Well tops 1/Attributes**, таким чином відбиток буде підписуватись назвою поверхні або горизонту. Тепер якщо поставити всі галочки як на рисунку справа, то в 3Dвікні ми побачимо точки відбитків горизонтів із їх назвами, тобто точки, де горизонти пересікають свердловину.



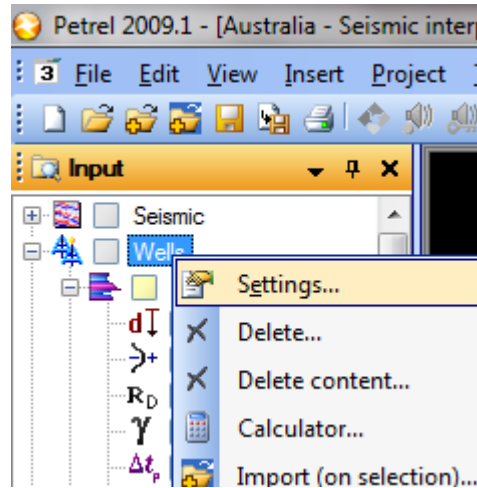
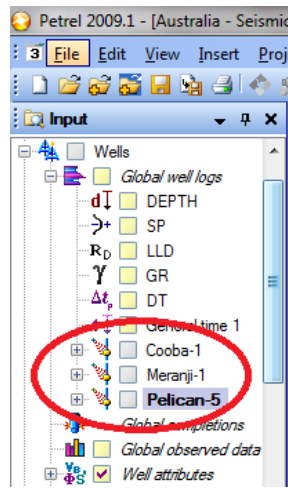
**Checkshots** – це залежність часу пробігу сейсмічної хвилі від глибини середовища. Оскільки сейсмічні дані подані в часовому масштабі, а свердловинні – в глибинному, то для їх ув'язки потрібен **Checkshot**.



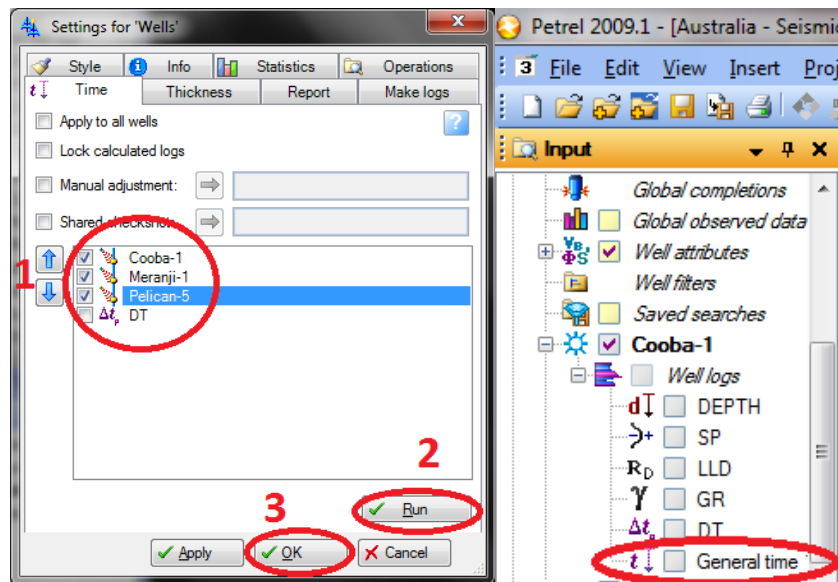
ПКМ на вкладці **Global well logs** в папці **Wells** і клацаємо **New checkshots**. Клікаємо на створеному файлі ПКМ і вибираємо **Import (onselection)**. Тип файлу **Checkshotsformat (ASCII)**, а назва **time-depth.txt**, він знаходиться у кожній папці свердловини, там де і каротажні дані.



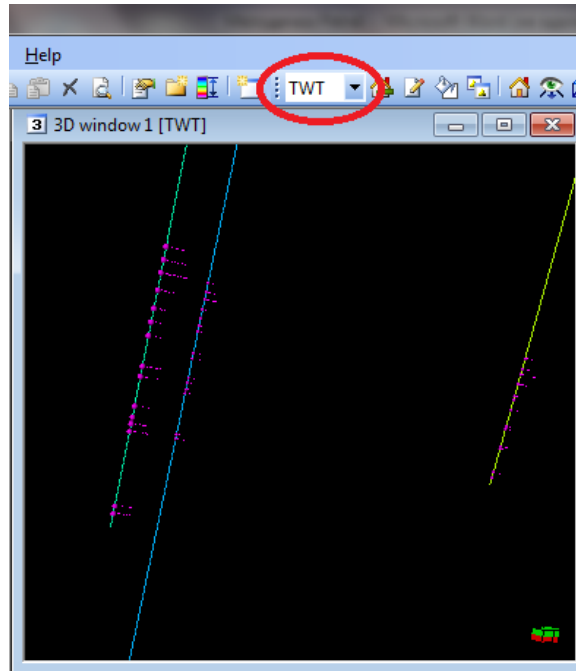
У відкритому вікні зверху лишаємо 2 колонки як показано на рисунку зверху справа. Ставимо галочку на **Correct to trace** і вибираємо свердловину, до якої прив'язаний Checkshot. Повторюємо цю операцію з усіма трьома свердловинами, а самі CheckShot-и перейменовуємо відповідно до назв свердловин, до яких вони належать. Отримаємо 3 файли як на рисунку зліва знизу.



Далі прив'яжемо **Checkshots** до свердловин. ПКМ на папці **Wells**, **Settings** вкладка **Time**. За допомогою синіх стрілочок змінюємо порядок файлів як на рисунку нижче зліва і ставимо галочки. Далі жнемо **Run** і **OK**. В кожній свердловині з'явиться каротаж **Generaltime** як на рисунку справа знизу.



Перевіримо чи успішно завантажився **CheckShot**. Змінимо масштаб з глибинного **TVD** на часовий **TWT**, і відобразимо свердловини в 3D вікні. Якщо вони всі нормально відображаються, значить все зроблено вірно.

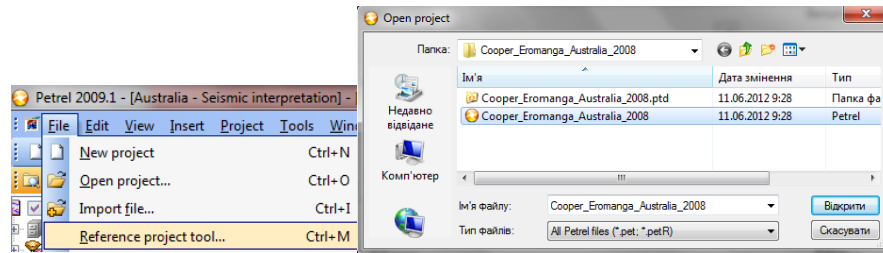


## Завдання

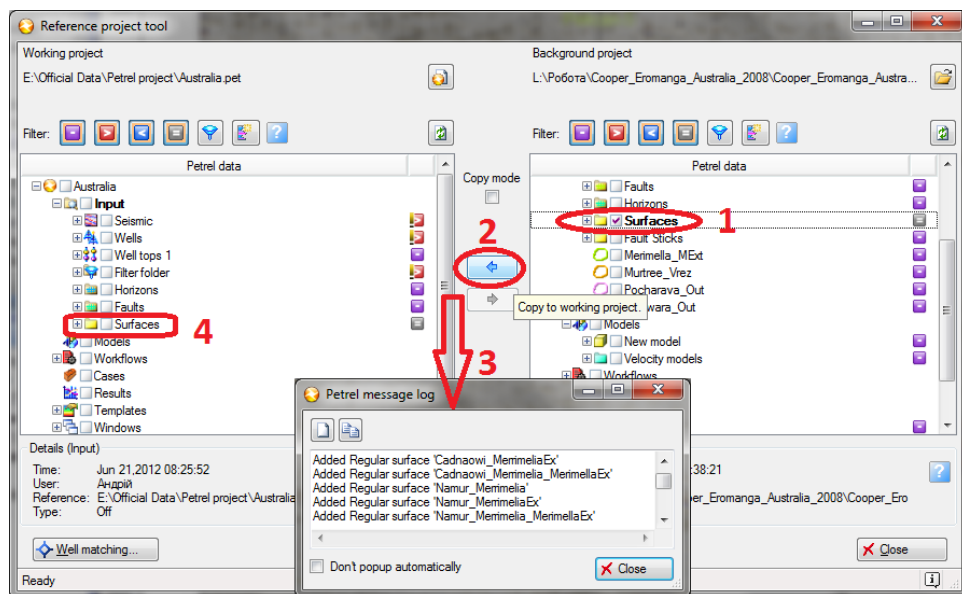
1. Створити нову папку свердловин
2. У папці свердловин створити свердловини Сооба-1, Меранжі-1 і Pelican-5( при їхньому створенні використовувати файли header.jpg)
3. Візуалізувати створенні свердловини в 3Двікні.
4. Завантажити файли каротажу для кожної із свердловин.
5. Створити папку відбивок свердловин.
6. Завантажити відбивки свердловин у відповідну папку. Перенести відбивки із вкладки Othersy папку Stratigraphy. Поставити галочку у вкладці Attributes навпроти Surface.
7. Завантажити checkshot для кожної із свердловин.
8. Застосувати checkshot для всіх свердловин.
9. Перевірити коректність застосування чекшоту.

### 1.3 Імпорт даних з іншого проекту

В Петрелі можна переносити дані з одного проекту в інший. Для цього потрібно відкрити **File>Referenceprojecttool** вибрати у вікні потрібний проект, з якого потрібно перенести дані і відкриваємо його.



Далі справа у вікні проекту-донора вибираємо (ставимо галочку) на потрібний файл або папку з файлами і жмемо синю стрілочку вліво для перенесення даних у наш проект. Виникне вікно з журналом переносу і через деякий час папка з файлами з'явиться в нашому проекті у вікні зліва.



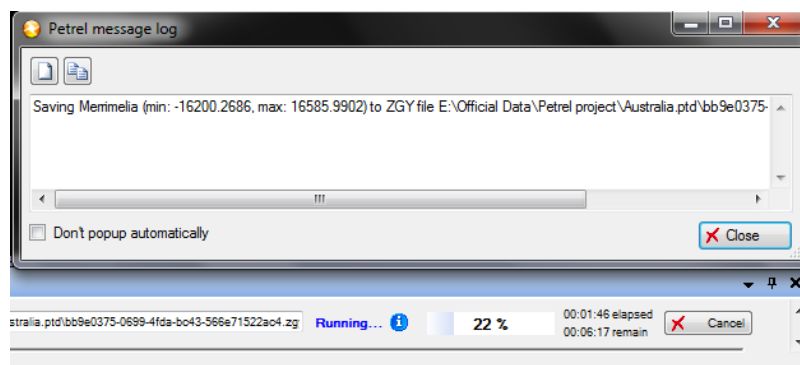
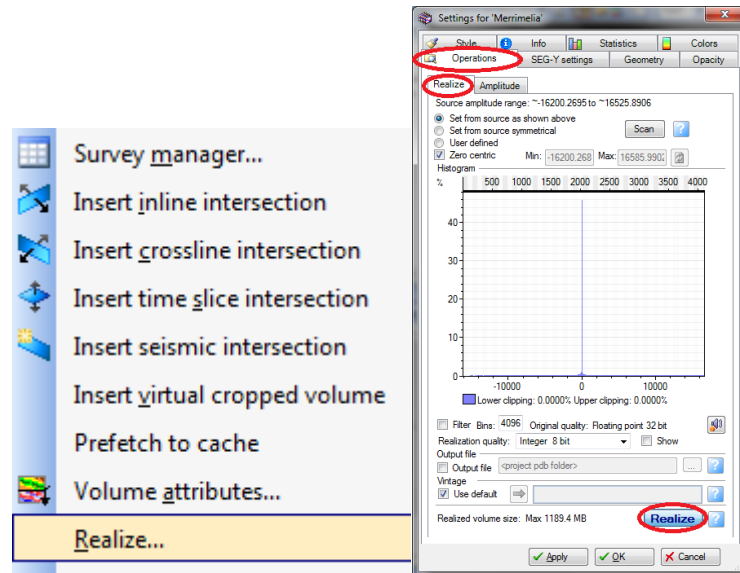
### Завдання

1. Ознайомитися із інструментом Referenceprojecttool

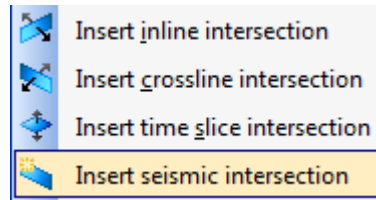
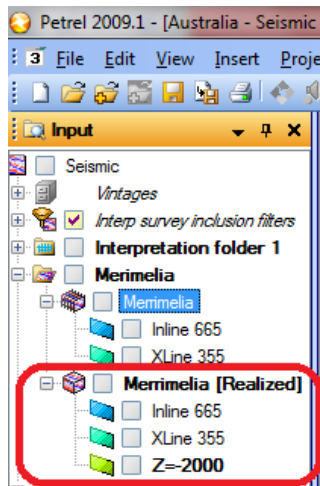
## Вправа 2. Візуалізація та інтерпретація сейсмічних даних

### 2.1 Візуалізація сейсмічних даних

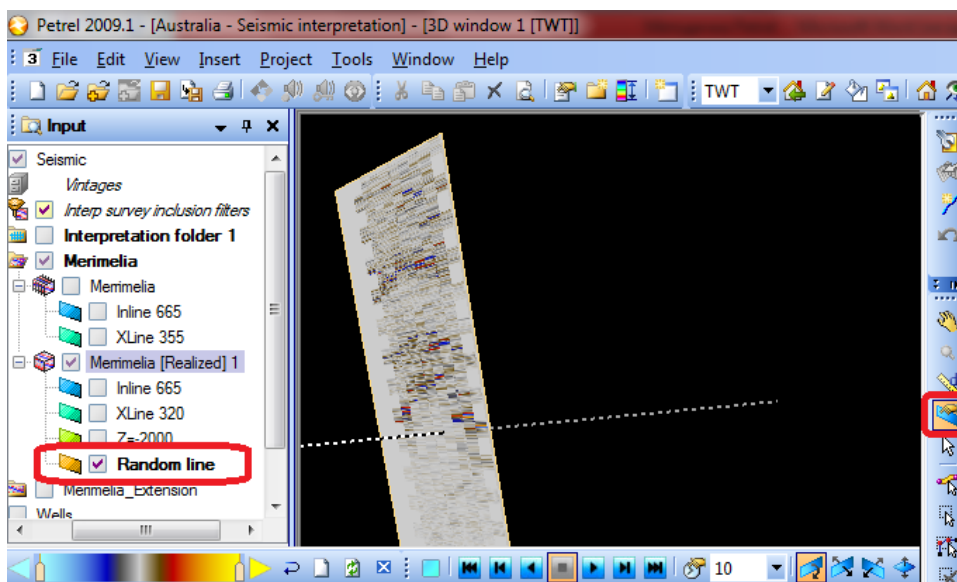
Спочатку запишемо куб в пам'ять проекту, оскільки за замовчуванням зберігається лише посилання на нього. Для цього ПКМ на потрібному кубі сейсмічних даних і вибираємо **Realize**.





У вікні, що з'явиться, у вкладці **Operations>Realize** натискаємо кнопку **Realize** і чекаємо деякий час, поки куб завантажиться в пам'ять. Після завантаження закриваємо всі вікна. У вкладці **Input** має з'явитись наш куб, як на рисунку нижче зліва. Цей куб не залежить від зовнішніх даних і підвантажує дані набагато швидше, оскільки знаходиться безпосередньо в проекті. Цю операцію бажано виконати для всіх доступних сейсмічних даних.

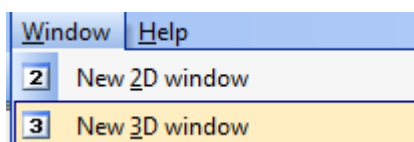


В кожному сейсмічному кубі можна створити декілька розрізів. Це **InLine** – поздовжні розрізи, **XLine**– поперечні розрізи, **TimeSlice** – горизонтальні розрізи однакових часів, та **RandomLine** – довільні розрізи. Клацнувши ПКМ на потрібному сейсмічному кубові, можна створити новий розріз, вибравши відповідний пункт як на рисунку зверху справа.



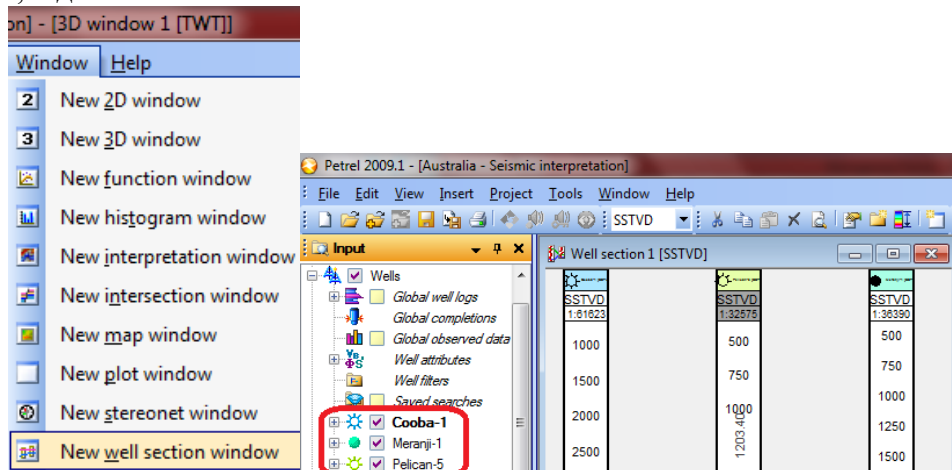
Якщо виділити розріз в 3Двікні, то його можна переміщувати по кубу за допомогою стрілочок  (в даному випадку інтервал переміщення 10) і перетягуючи курсором ЛКМ при активації кнопки **Manipulate plane [M]** . **RandomLine** також можна обертати, якщо при активній **Manipulate plane** зажати **Ctrl+Shift** і перетягувати розріз курсором ЛКМ.

Створення нового вікна забезпечується через пункт **Window**. Існують 2D, 3Двікна, вікна інтерпретації сейсмічних даних і свердловин та інші. При цьому якщо відобразити декілька вікон поруч одне з одним, то інформація буде оновлюватись у всіх одночасно.

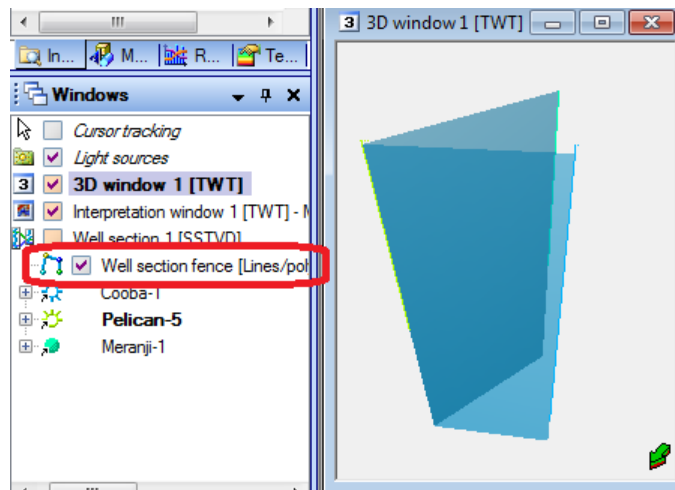


### Створення розрізу через свердловини

Створимо нове вікно свердловин **Newwellsectionwindow**. Додамо до нього всі свердловини, відмітимо їх галочками.



У вкладці **Window** знайдемо наше вікно **Wellsection 1** і, розгорнувши його, побачимо наш розріз **Wellsectionfence**. Далі можна відкрити 3D вікно, і поставити галочки на сейсмічний куб і **Wellsectionfence**. Таким чином розріз відобразиться в 3D вікні.

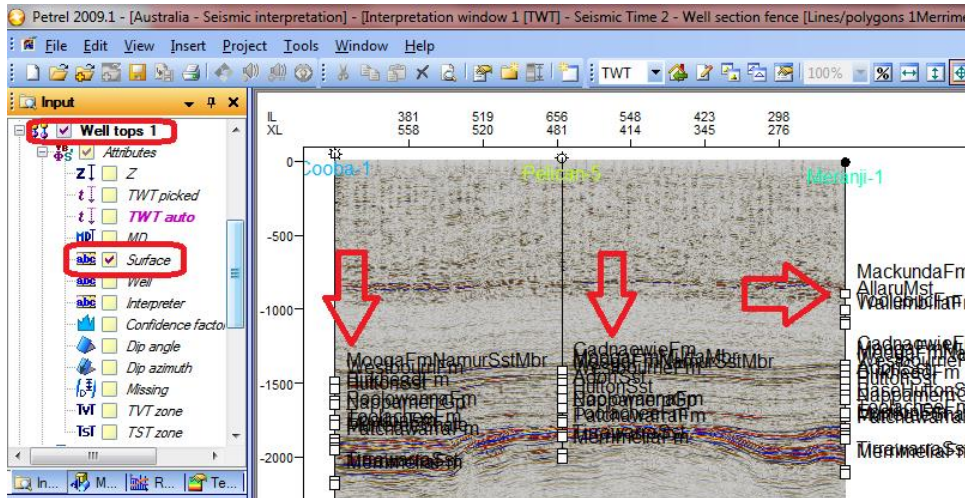


### Завдання

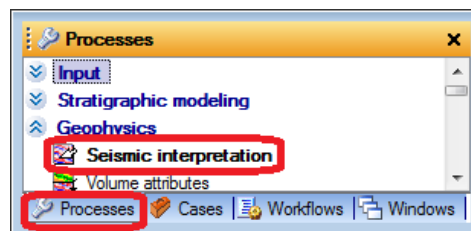
1. Зменшити розмір кубу за допомогою функції Realize
2. Відобразити InLine, XLine, TimeSlice та RandomLine.
3. Використати функцію Manipulateplane
4. Побудувати розріз через свердловини


## 2.2 Інтерпретація горизонтів по сейсмічним даним

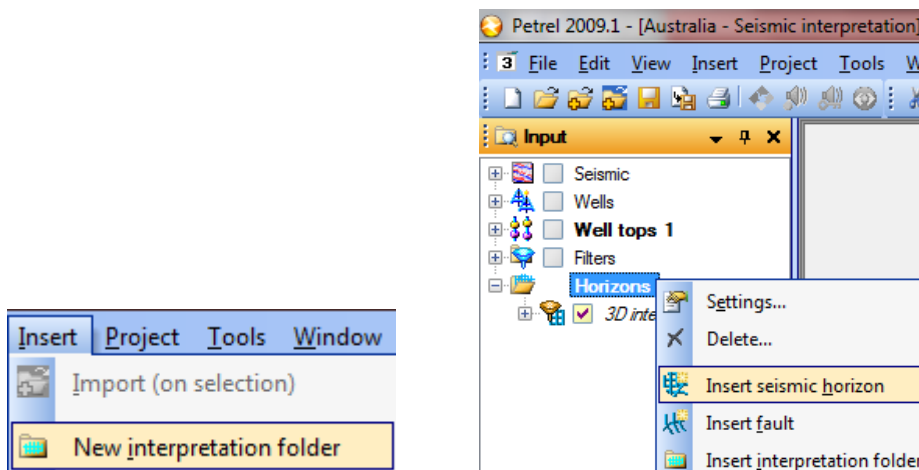
Відкриємо наш розріз через свердловини **Wellsectionfence** у вікні інтерпретації і з кубом **Merimelia**. Додамо до нього відбитки горизонтів **Welltops**, це надасть нам змогу встановити глибини залягання горизонтів.



Перед початком інтерпретації потрібно активувати процес **SeismicInterpretation** в папці **Geophysics** в **Processes**.



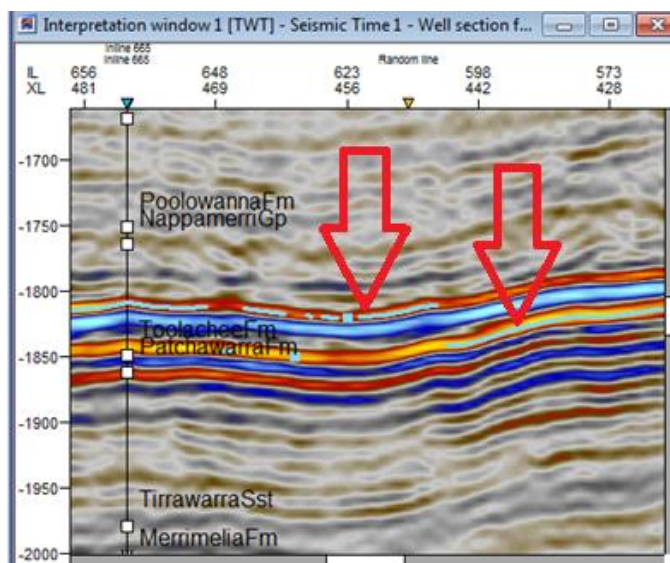
Далі активуємо кнопку **Interpret grid horizons [H]** , яка з'явиться на панелі справа. Створюємо папку інтерпретації через **Insert>Newinterpretationfolder** і називаємо її **Horizons**.



Далі ПКМ на створеній папці **Horizons** і створюємо новий горизонт **Insert seismic horizon**. Горизонти встановлюються по відбиткам свердловин і продовжуються по сейсмічному кубу. Протягом інтерпретації потрібний горизонт має бути виділений жирним (активним), в активний горизонт записуються всі точки і лінії інтерпретації. Для прослідкування іншого горизонту потрібно створити і активувати новий файл.

Автоматичне 3Дпрослідкування **Seeded 3D autotracking [Shift+A]** 

При його активації треба клацнути на потрібну сейсмічну границю, і Petrel автоматично продовжить її по всьому кубу протягом деякого часу. Цей тип інтерпретації горизонтів є одним із найшвидших і найменш витратних з боку інтерпретатора. Проте він підходить лише для чітких границь, які не ускладнені розломами, інакше він буде неправильно продовжувати горизонт і залазити на сусідні границі, як на рисунку нижче.



#### Автоматичне неконтрольоване 2D прослідковування

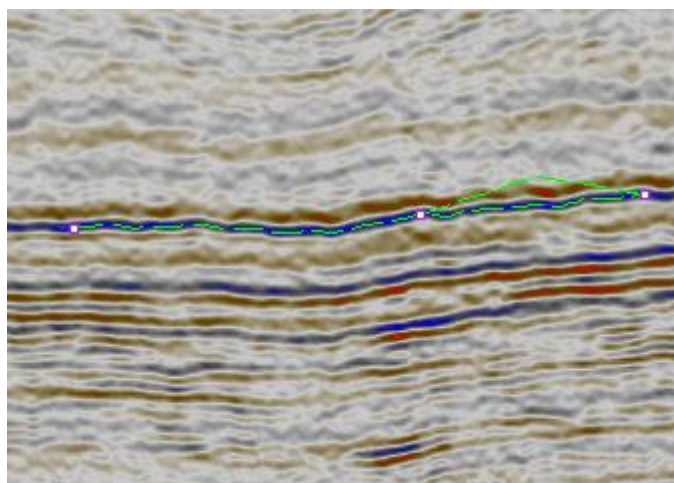
Seeded 2D autotracking [A]

схоже на 3D прослідковування. Але при клацанні на границю горизонт продовжиться не по всьому 3D кубові, а лише по поточному розрізі. Цей тип інтерпретації також мало витратний по часу, але потребує чітких границь без розломів, інакше створені ним лінії потрібно редагувати.

#### Автоматичне контрольоване 2D прослідковування

Guided autotracking [G]

є напівавтоматичним. Інтерпретатор ставить точки по сейсмічній границі (як на рисунку нижче), а програма їх з'єднує автоматично створеною кривою лінією, що повторює форму границі. Цей тип прослідковування хоча і є значно більш тривалішим при виконанні в порівнянні з першими двома, але дозволяє інтерпретатору точно відбити границю навіть у складному геологічному середовищі, вказуючи лише ключові її точки.

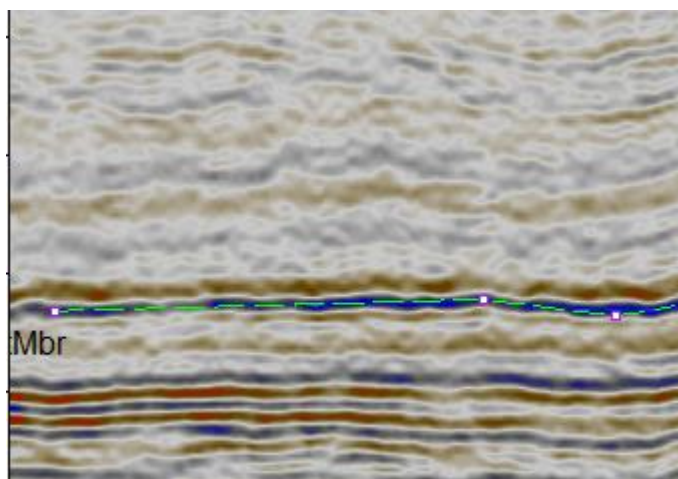


#### Ручна інтерпретація

Manual interpretation [U]

(зображена нижче) є найбільш витратною по часу. Інтерпретатор вручну ставить точки по границі, а програма з'єднує їх

прямими лініями. Її рекомендується використовувати при нечітких границях, коли інші типи прослідковування не можуть продовжити горизонт, або при корегуванні даних інших типів прослідковування.



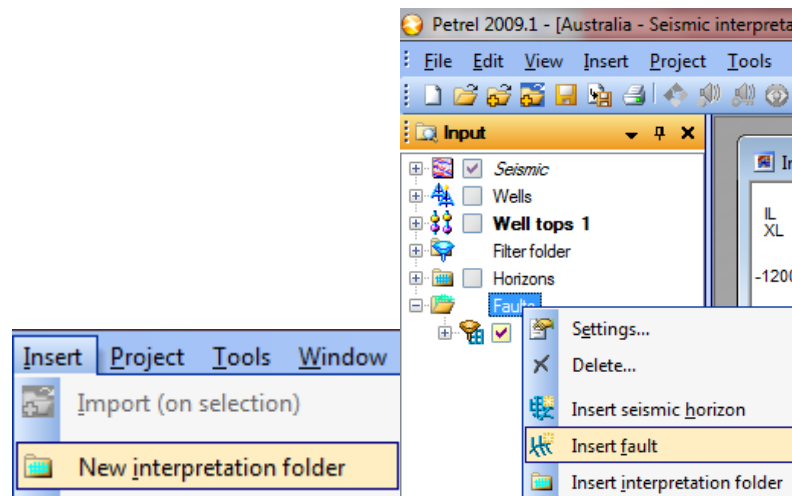
У всіх видах 2D інтерпретації після закінчення поточної лінії горизонту потрібно натиснути кнопку N, і перейти на наступний InLine, XLine або інший розріз. Як правило, 2D інтерпретація робиться на кожному 10-20 розрізі.


### Завдання

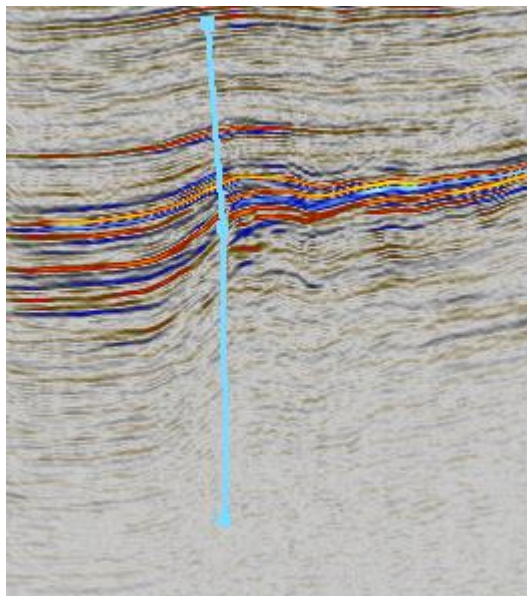
1. Відкрити розріз через свердловини, що створений у попередній вправі.
2. Відобразити відбивки свердловин.
3. Активувати процес SeismicInterpretation.
4. Створити interpretationfolder і назвати її horizons.
5. Створити новий горизонт.
6. Використати функцію автоматичного 3D прослідковування.
7. Використати функцію неконтрольованого 2D прослідковування.
8. Використати функцію контрольованого 2D прослідковування.
9. Простежити горизонт використовуючи ручну інтерпретацію
10. Простежити однаковий горизонт для кубів Merimelia та Merimelia\_Extension використовуючи зручний інструмент.
11. Простежити горизонти, що відповідають відбивкам свердловин.

## 2.3 Інтерпретація розломів по сейсмічним даним


Перед інтерпретацією розломів потрібно також активувати процес **Seismic Interpretation** в папці **Geophysics** в **Processes**. Для розломів треба створити окрему папку інтерпретації через **Insert>Newinterpretationfolder** і назвати її **Faults**. Далі потрібно вставити в неї новий розлом – ПКМ та **Insertfault**.



Далі активуємо іконку **Interpret faults [F]**  і можна починати проставляти розлом. Дані будуть записуватись в активний розлом. Рекомендується не ставити багато точок в лінію розлому (не більше 5), а також не створювати дуже похилі розломи, оскільки потім важко буде створити структурну модель.



Розломи проставляються в місцях зміщення границь одна відносно одної або значного послаблення амплітуди сейсмічного сигналу. Після закінчення поточної лінії розлому потрібно натиснути кнопку **N**, і перейти на наступний **InLine**, **XLine** або інший розріз. Як правило, інтерпретація робиться на кожному 10-20 розрізі. При натисненні кнопки **N** лінія автоматично з'єднується з сусідньою, створюючи площину розлому.

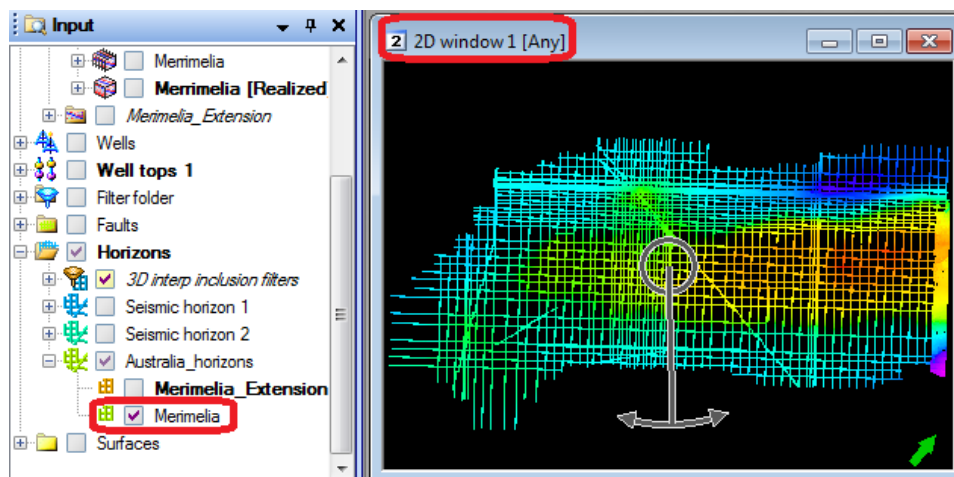
Для видалення точок активного розлому чи горизонту потрібно виділити їх за допомогою іконки **Selection paintbrush (resize: +/-) [Shift+B]**  і натиснути клавішу **Del**.

## Завдання

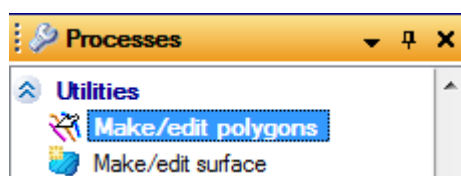
1. Активувати процес Seismic Interpretation в папці Geophysics в Processes.
2. Створити окрему папку інтерпретації через і назвати її Faults.
3. Створити новий розлом.
4. Прослідкувати наявні розломи.

### Вправа 3. Створення поверхонь

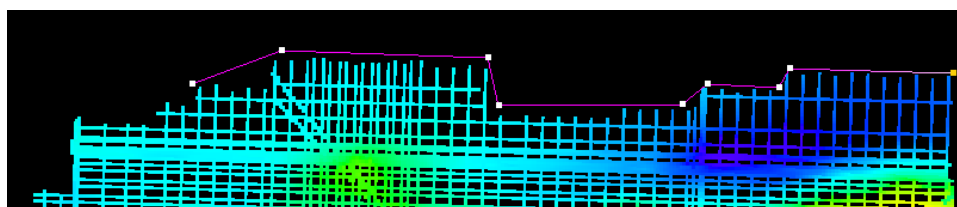
Спочатку навчимося створювати межу для поверхні. Відкриємо частину нашого проінтерпретованого горизонту в 2Dвікні. Горизонт можна повернути у зручне положення ЛКМ при натиснутій комбінації клавіш **Ctrl+Shift**. Також його можна переміщувати по вікну центральною кнопкою миші (ЦКМ) або з натиснутим колесиком.



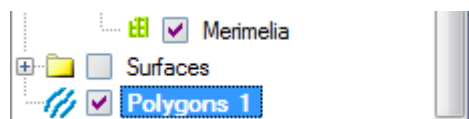
Далі активуємо процес **Make/editpolygons** у вкладці **Utilities**.



Справа натискаємо іконку **Start new set of polygons (deactivate old)** і починаємо обводити наш проінтерпретований горизонт полігоном.



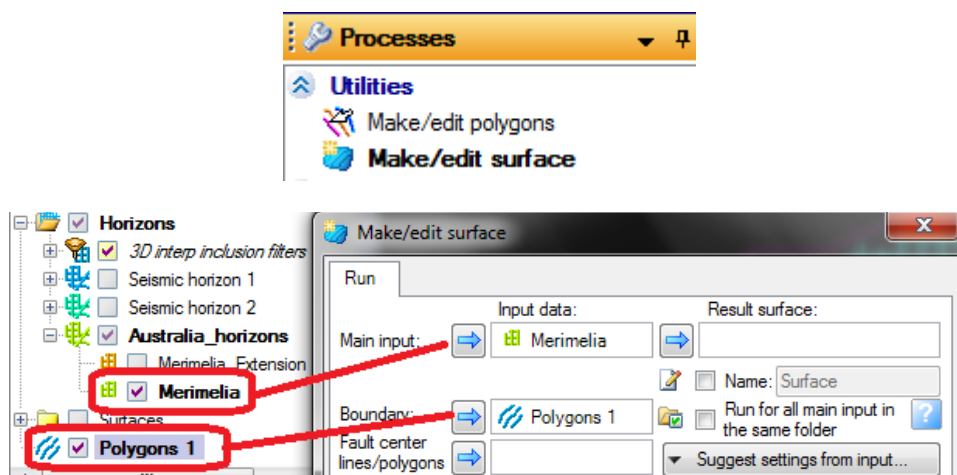
Коли обведення завершено, потрібно замкнути полігон за допомогою іконки **Close selected polygon(s)**. Він з'явиться у вкладці **Input**. Бажано перейменувати його за назвою горизонту



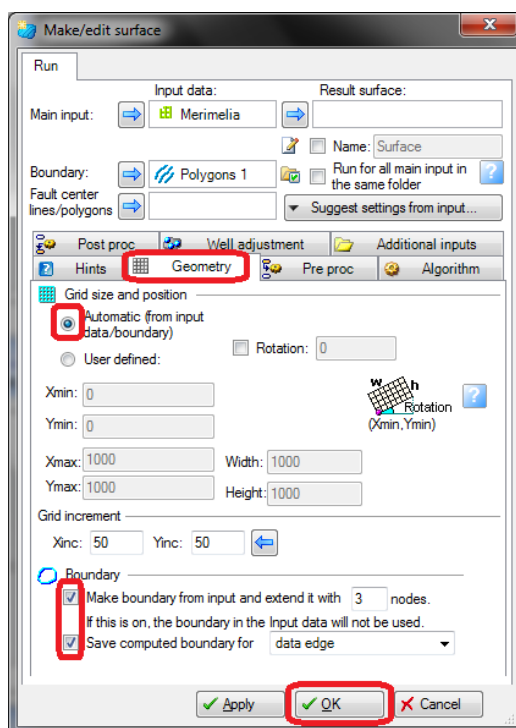
Для створення полігону для другої поверхні потрібно спочатку натиснути **Start new set of polygons (deactivate old)**, якщо ж потрібно продовжити попередній полігон, іконка **Start new polygon on active set of polygons [N]**

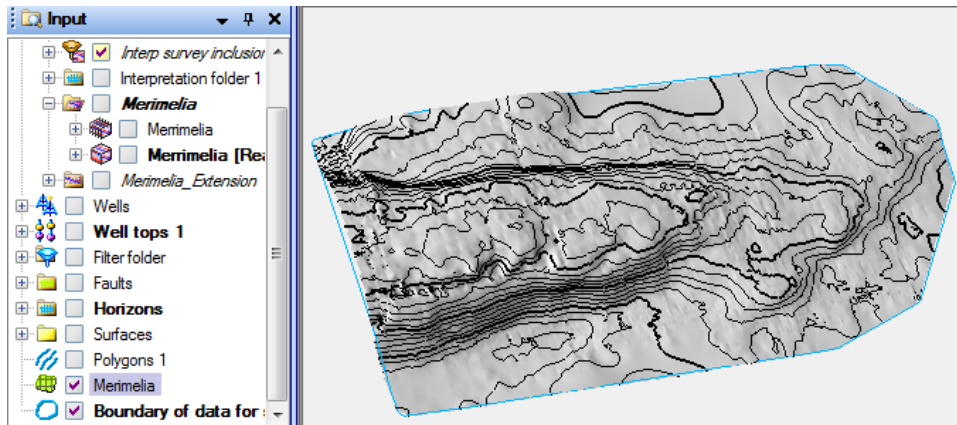
### Створення поверхні з горизонту

Поверхня створюється на основі інтерпретаційних даних горизонтів, і вона повинна обмежуватись якоюсь лінією (для цього ми і створили полігон). Двійний клік ЛКМ по пункту **Make/edit surface** у вкладці **Utilities**.

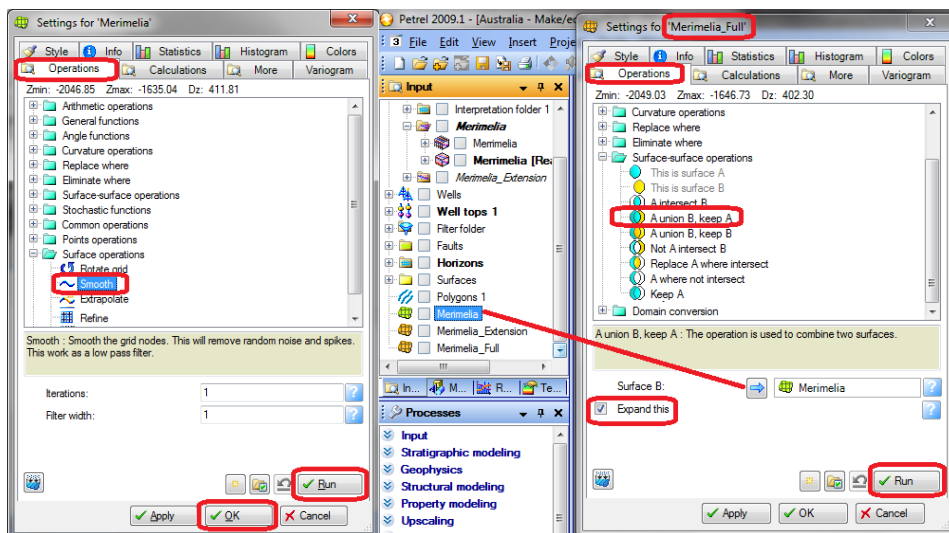


Виділяємо наш горизонт і натискаємо синю стрілочку у вікні, що з'явилось. Те ж саме робимо з полігоном. Далі заходимо у вкладку **Geometry**, там ставимо на автоматичний підбір. Ця процедура також сама може створити межу для поверхні (останні дві галочки), але тоді вона буде обведена згладжено, по найбільш виступаючим точкам.

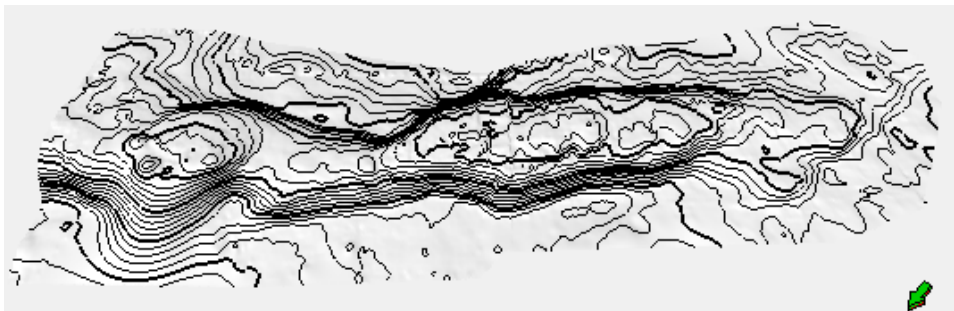




В результаті отримуємо поверхню, яка базується на проінтерпретованому горизонті і обмежена певною межею, яку ми створили вручну полігоном або автоматично при створенні поверхні. Її можна згладити, вибравши в її параметрах у вкладці **Operations** пункт **Surfaceoperations>Smooth** і натиснути **Run** на рисунку знизу зліва.



Таким же чином створюємо поверхню з горизонту іншого кубу **Merimelia\_Extension**. Далі об'єднаємо поверхні з двох кубів в одну. Для цього зробимо копію створеної поверхні **Merimelia\_Extension** (**Ctrl + C**, **Ctrl + V**) і назвемо її **Merimelia\_Full**. Зайдемо в параметри **Merimelia\_Full** вкладку **Operations**, **Surface-surfaceoperations>AunionB, keepA**. Вставимо першу поверхню **Merimelia** у поле знизу синьою стрілочкою, поставимо галочку на **Expandthis** і натиснемо **Run**. В результаті **Merimelia\_Full** має стати об'єднанням двох поверхонь з різних сейсмічних кубів.



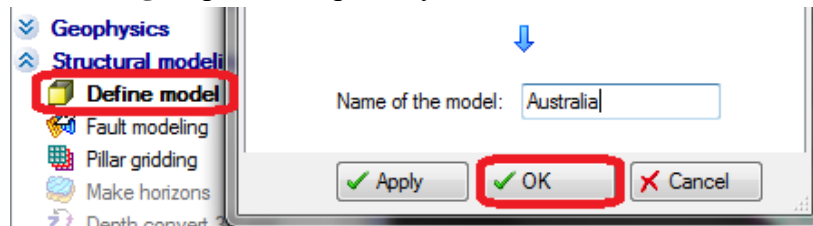
### Завдання

1. Активувати процес **Make/editpolygons**, обвести проінтерпретований горизонт полігоном.

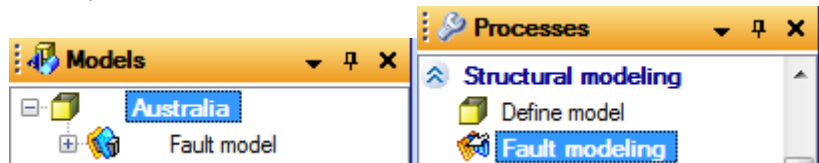
2. Активувати Make/editsurface у вкладці Utilites, створити поверхню інтерпретованого горизонту для кубу Merimelia.
3. Згладити щойно створений горизонт.
4. Створити поверхню відповідного горизонту для кубу Merimelia\_Extension
5. Об'єднати поверхні з двох кубів в одну

## Вправа 4. Моделювання розломів

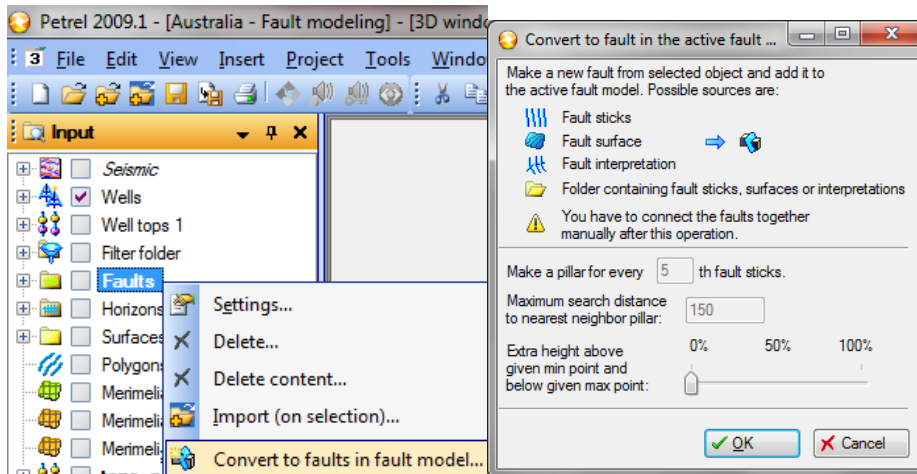
Спочатку потрібно створити нову структурну модель. Для цього у вікні **Processes** вкладці **Structuralmodeling** потрібно вибрати пункт **Definemodel**. Назвемо її **Australia**.



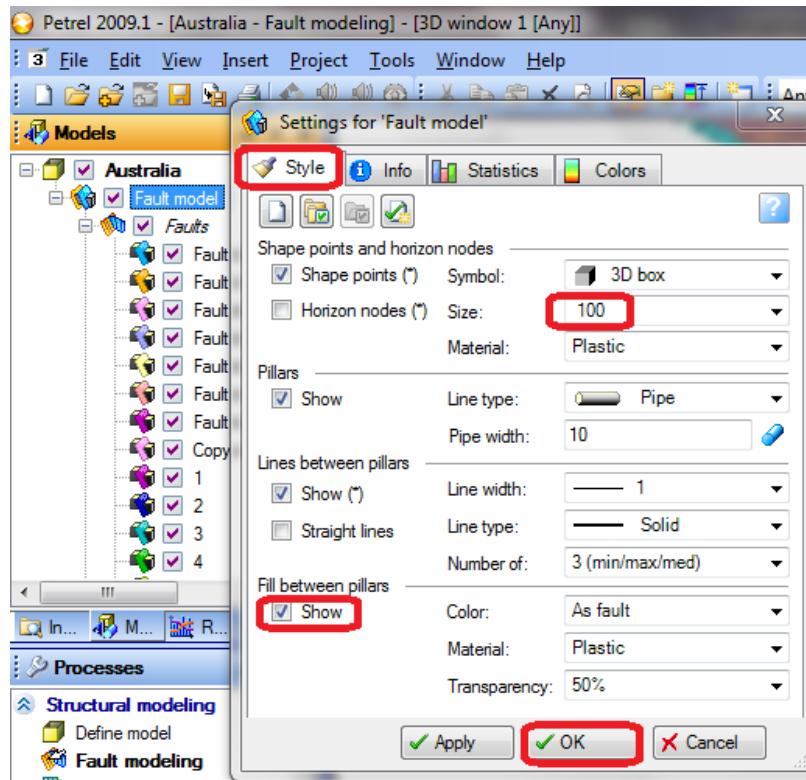
Вона з'явиться у вкладці **Models**.







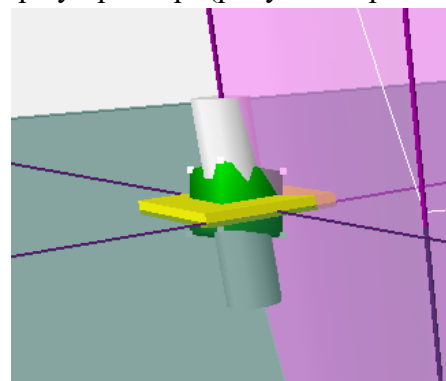
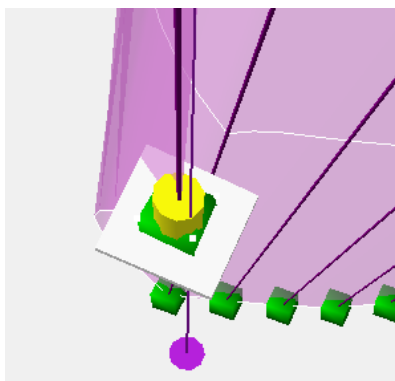
Тепер додамо до цієї моделі наші розломи. Активуємо процес **Fault modeling** у вікні **Processes** у вкладці **Structuralmodeling**. Далі переходимо в папку **Input** там клацаємо ПКМ на папці інтерпретованих розломів і вибираємо пункт **Converttofaultsinfaultmodel**, **OK**.



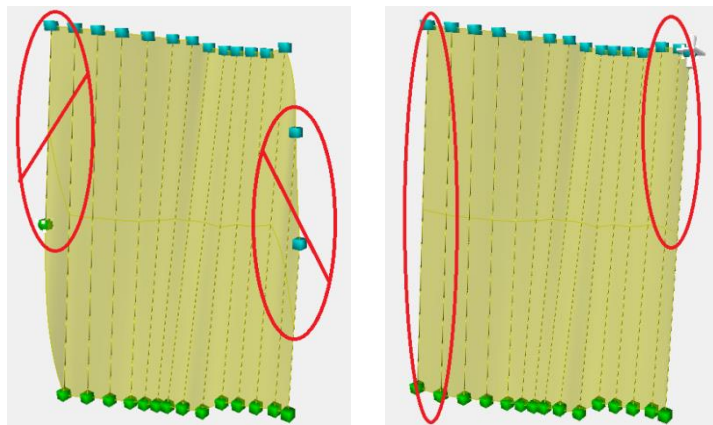
Тепер візуально підготуємо наші розломи для редагування. ПКМ на папці **Faultmodel1** у вкладці **Style** ставимо розмір крапок 100 і галочку заповнення між пілларами.



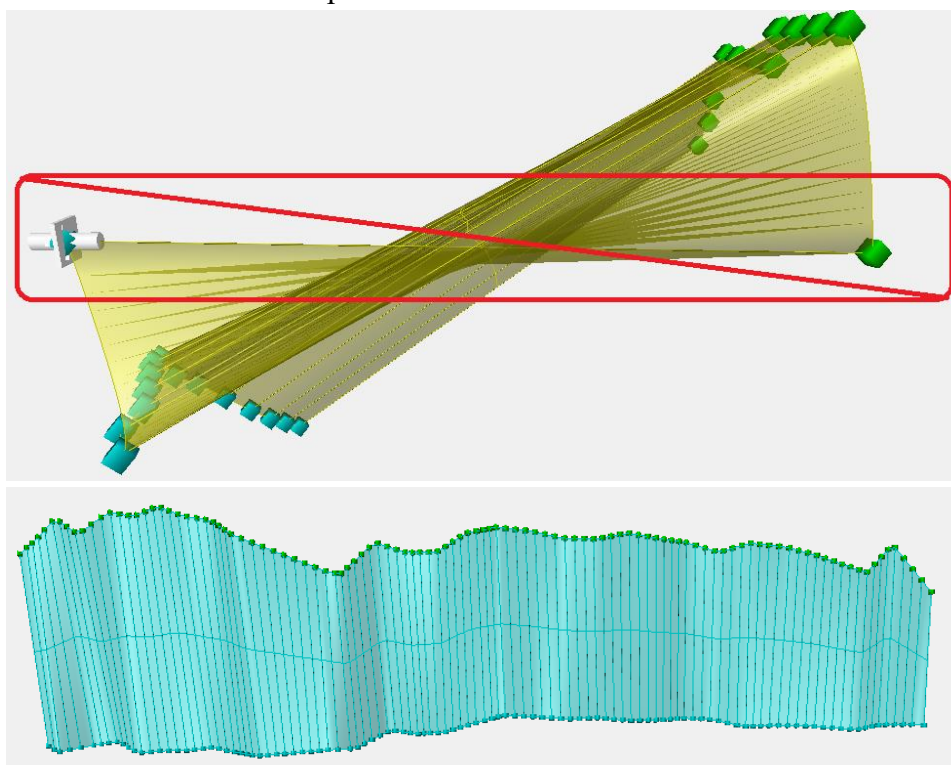
Тепер перейдемо до редагування розломів. Процес **Fault modeling** у вікні **Processes** вкладці **Structural modeling** має бути активним. Далі активуємо справа іконку **Select pillars**  якщо хочемо вибрати піллар або **Select shape points**  для редагування окремої точки піллара. Далі вибираємо стрілочку **Select/pick mode [P]**  і курсором клацаємо на потрібній точці піллара. Якщо при цьому вибраний пункт **Select pillars** , то виділиться весь піллар і ми будемо редагувати його цілісно, а не окрему точку. При виділенні на точці з'являється елемент управління, що складається із циліндра та площадки, яка пересікає його по центру. Якщо тягнути за циліндр, то точка/піллар буде переміщуватись вверх/вниз вздовж лінії піллара (рисунок зліва знизу). Якщо рухати площадку, то таким чином буде змінюватись положення точки/піллара у просторі (рисунок справа знизу).



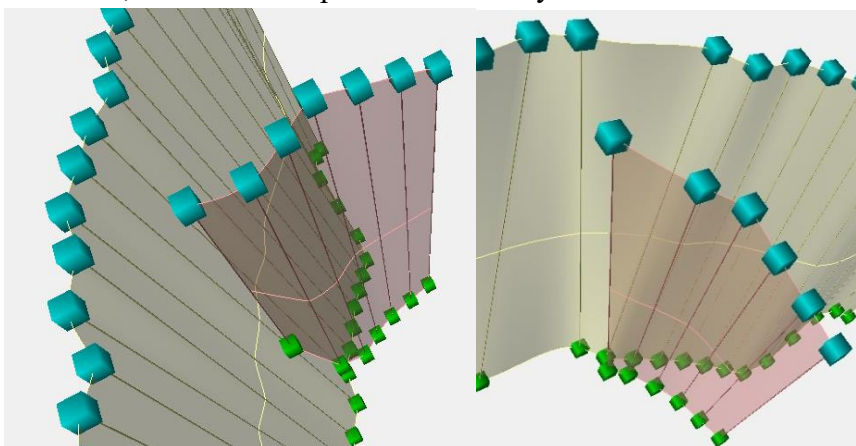
Розломи потрібно відредагувати так, щоб не було значних перепадів по висотам між сусідніми пілларами, особливо на середній лінії, оскільки це ускладнить побудову структурної моделі.




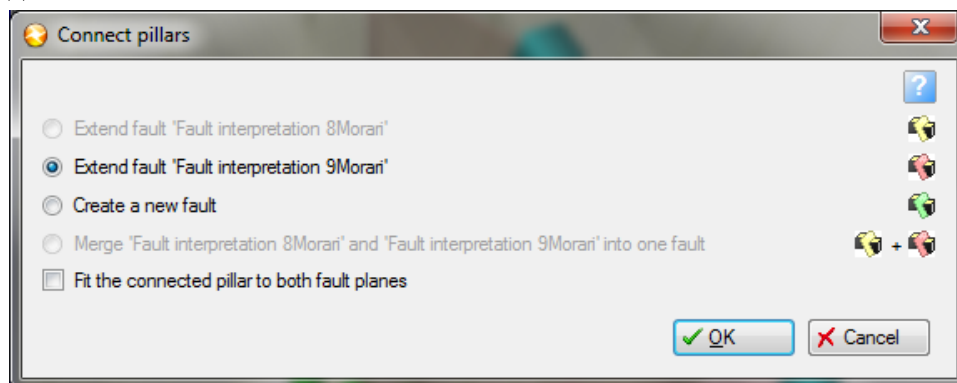
Також не бажані перекути – велика різниця кутів між сусідніми пілларами. Вони повинні плавно змінювати свій напрямок.



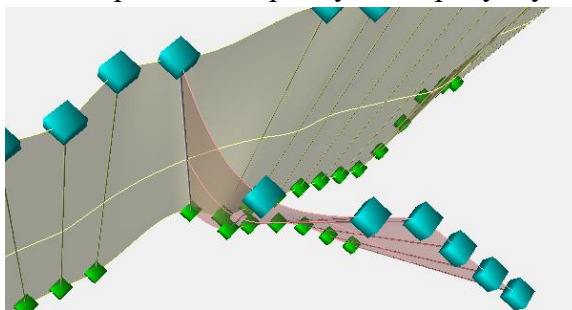
Якщо два розломи пересікаються, їх потрібно обов'язково з'єднати. Для цього потрібно підготувати їх сусідні піллари, щоб вони були приблизно паралельними і не дуже відрізнялись по висоті. Якщо піллар одного розлому дуже близько підходить до іншого, цей піллар бажано видалити, а з'єднання проводити з наступним.





Для з'єднання двох розломів треба вибрати піллар одного з них, через клавішу **Ctrl** виділити піллар іншого розлому, з яким маємо з'єднати поточний, і натиснути кнопку **Connect two faults**  на панелі справа. Розломи можна з'єднати різними способами: продовжити один з розломів, створити новий розлом, або, якщо це можливо, об'єднати 2 розломи в один.



В результаті з'єднання отримуємо картину як на рисунку нижче.




Також можна додавати піллари до кінця розлому **Add pillar to end** , роз'єднувати розлом **Disconnect fault**  на дві частини, додавати та видаляти окремі точки та піллари.

### Завдання

1. Створити нову структурну модель із назвою Australia.
2. Додати розломи в модель
3. Відредагувати розломи (процес Faultmodeling у вікні Processes у вкладці Structuralmodeling має бути активним.)
4. Перевірити правильність побудови моделі (усі розломи, що пересікаються, мають бути з'єднані)

## Вправа 5. PillarGridding


Перед виконанням цієї процедури має бути створена модель розломів. Всі розломи, які пересікаються, мають бути з'єднані. Якщо розлом не вписується в модель, то його можна видалити. Якщо цей розлом важливий, то його потрібно підганяти і з'єднувати з іншими розломами.

Відкриємо 2D вікно і відобразимо всі розломи з моделі в ньому. Тепер нам потрібно створити межу ґрида (сітки нашої моделі) за допомогою іконки  **Create external grid boundary**. Цю границю найкраще створювати, відкривши якийсь горизонт у 2D вікні і обвести його межи лінією. При закінченні створення межі потрібно останню точку поставити подвійним кліком.







Границя з'явиться в папці з нашою моделлю.





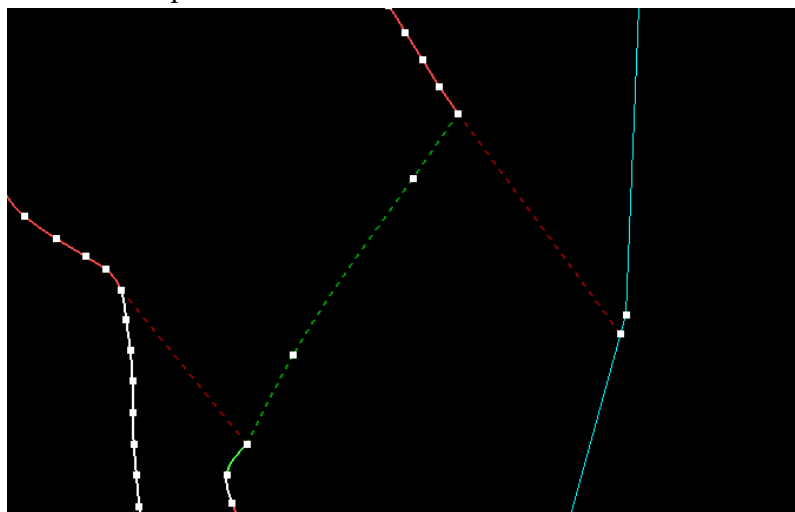
Зовнішню межу моделі також можна проводити по розлому. Для цього потрібно виділити потрібні точки розлому і позначити їх іконкою  **Set part of grid boundary [Shift+B]**. Виділені точки підсвітяться блакитним кольором і визначаться як зовнішня межа моделі.




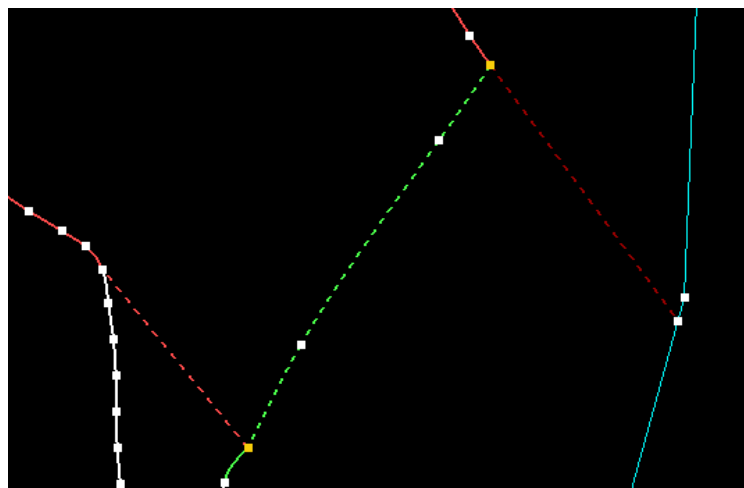
Далі потрібно задати напрямки для розломів в 2D вікні, а також розділити модель на блоки за допомогою трендів, при цьому процес **Pillargridding** повинен бути активний. Задати напрямки розломів можна автоматично  **Automatic direction assignment [Shift+T]** або виділивши певну частину розлому (його точки через клавішу **Shift**) і вибрати напрямок цієї частини  **Set I-direction [Shift+I]** або  **Set J-direction [Shift+J]**, або  **Set arbitrary direction [Shift+A]**. При цьому розломи з напрямками I повинні бути приблизно перпендикулярні таким же з напрямками J, а розломи однакового напрямку повинні бути приблизно паралельними. Якщо розлом має проміжний напрямок між цими двома, то його можна позначити іконкою з літерою A.


Потім розбиваємо нашу модель на блоки за допомогою трендів, які можуть з'єднувати розломи між собою, або розломи з лінією зовнішньої межі. Об'єм і запаси в можуть розраховуватись кожному блоці окремо, що є корисним наприклад при ліцензуванні лише окремої ділянки, де потрібно проводити розрахунки. Спочатку потрібно прикинути напрямок, за яким будемо проводити лінію тренду і вибрати відповідну іконку:

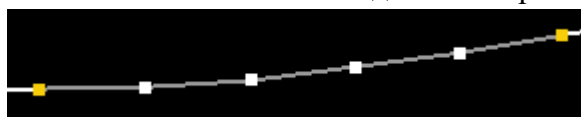
**New I-Trend [I]**  або **New J-Trend [J]** . Проміжного напрямку трендів не існує. Далі курсором провести безпосередньо лінію тренду, завершивши її подвійним кліком. Потрібно з'єднати нею розлом з іншим розломом або з лінією зовнішньої межі нашої моделі.



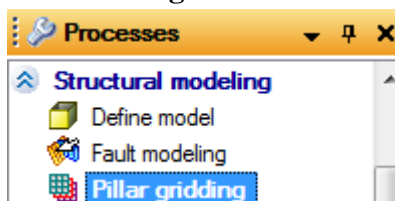
Далі при закінченні розбиття моделі трендами на блоки, тренди потрібно активувати. Для цього послідовно виділяємо точки нашого тренду з зажатою клавішею **Shift** після закінчення виділення натискаємо справа іконку **Set part of segment boundary** . Вибраний тренд при цьому підсвітиться.



Таким способом потрібно підсвітити всі тренди, які ми хочемо зробити межею блоків (сегментів). Якщо ж межа не потрібна в деякому місці, то потрібно виділити точки тієї ділянки і позначити їх **Set no boundary** . Лінія виділиться сірим кольором.

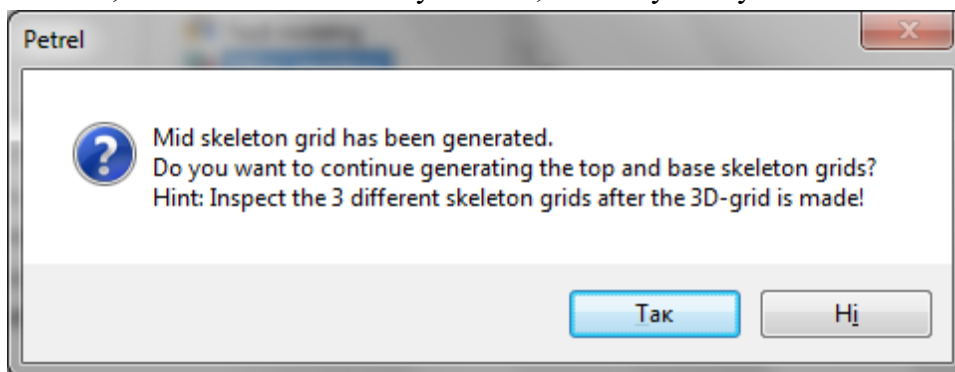


Тепер створимо елементарний скелет нашої майбутньої моделі. Зовнішня межа ґріда повинна бути замкнутою, і всі сегменти повинні бути обведені. Подвійний клік на процесі **Pillar gridding** у вкладці **Structural modeling**.

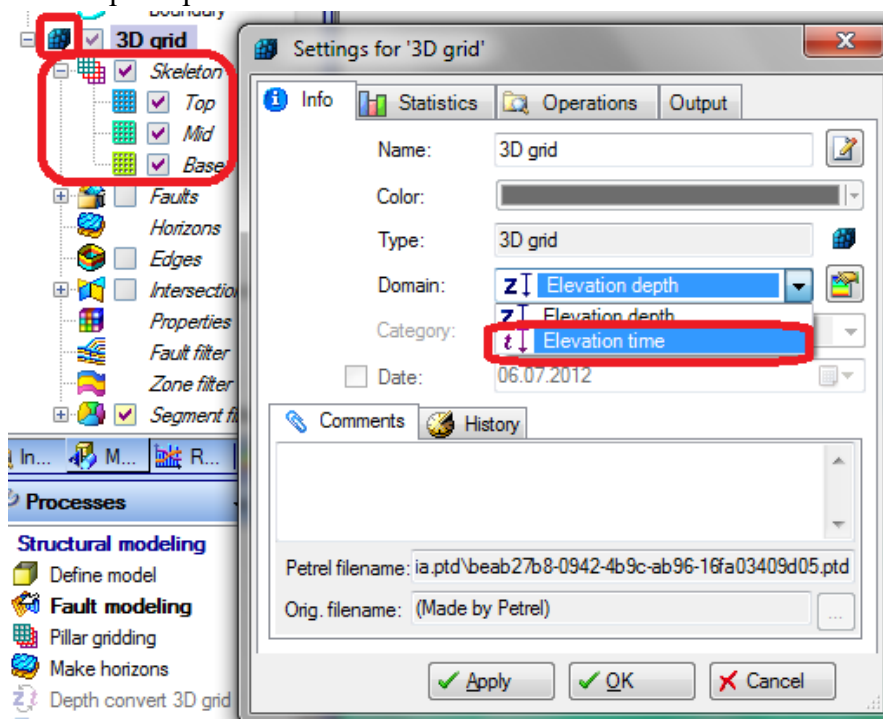


У вікні, що відкриться, жмемо **Apply**. Програма почне обраховувати скелет нашої моделі. Можливо при процесі генерації виникнуть якісь проблеми, коли будуть

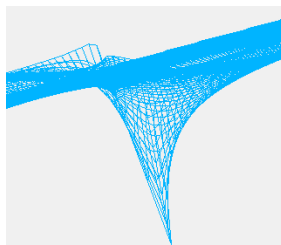
пересікатись якійсь не з'єднані розломи або клітинки ґрїду приймуть негативні значення. Тоді потрібно виправити помилку і ще раз спробувати згенерувати скелет. Якщо попереджень немає, натискаємо **ОК** в тому ж вікні, і в наступному вікні жмемо **Так**.




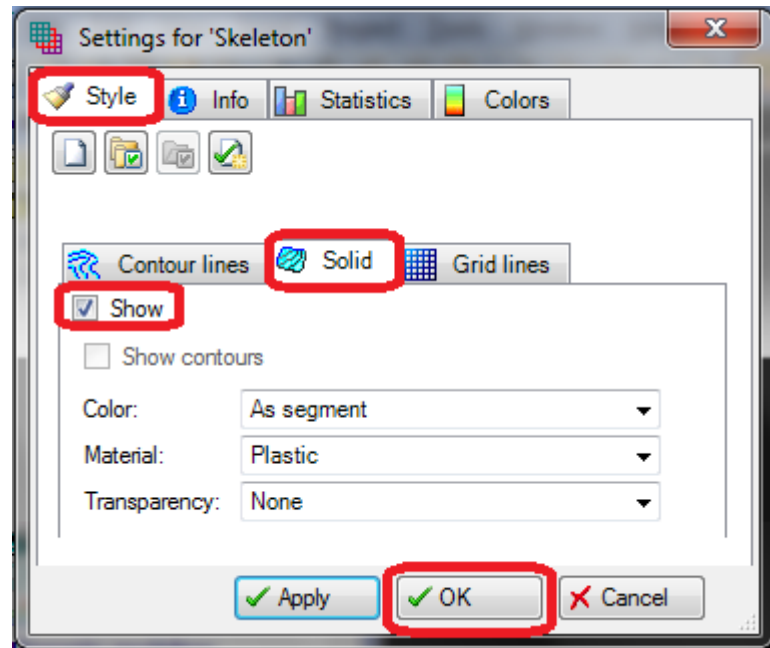
Тепер ми згенерували три рівні скелету нашої моделі – нижній, верхній та центральний. Якщо справа від 3Dґрїда іконка синього кольору, то потрібно зайти в його властивості і змінити розмірність на **Elevation time**.



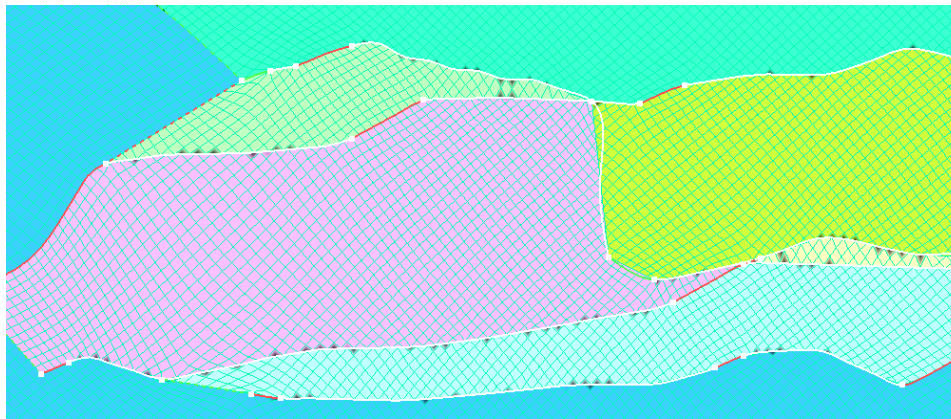
Тепер поглянемо на рівні нашого скелету. Якщо є якійсь різкі виступи, потрібно активувати процес **Fault modeling** і знайти той розлом, який створює такий пік, і відредагувати його, після чого ще раз створити скелет ґрїда.



Тепер зайдемо в параметри скелету  **Skeleton** ПКМ у вкладці **Style>Solid** поставимо галочку на **Show**.



Сегменти розфарбуються різними кольорами.

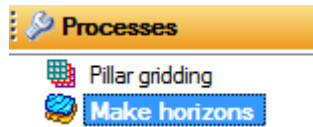



### Завдання

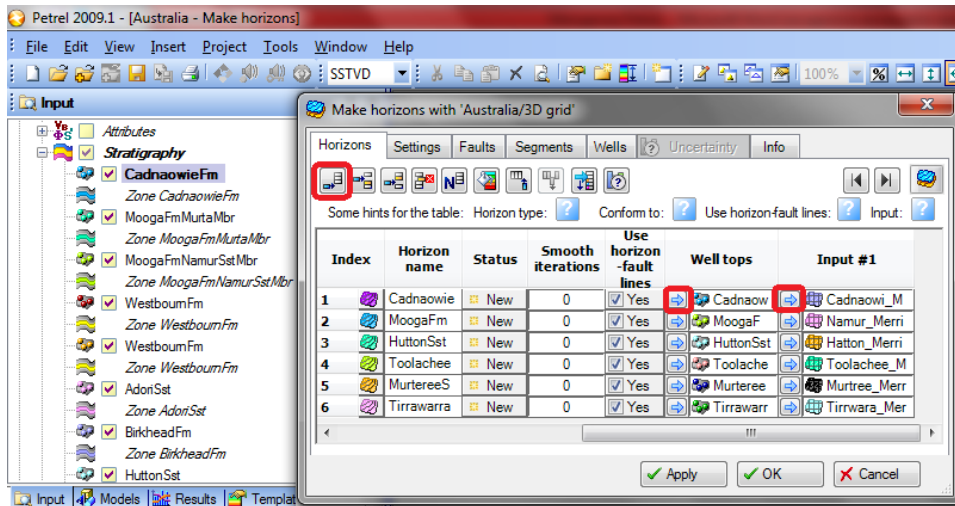
1. Відкрити 2D вікно і відобразимо всі розломи з моделі в ньому.
2. Створити межу ґріда.
3. Задати напрямки для розломів в 2D вікні
4. Розбити модель на блоки.
5. Створити елементарний скелет
6. Провести контроль якості. Якщо є різкі виступи, потрібно активувати процес Faultmodeling і знайти той розлом, який створює такий пік, і відредувати його, після чого ще раз створити скелет ґріда

## Вправа 6. Створення горизонтів

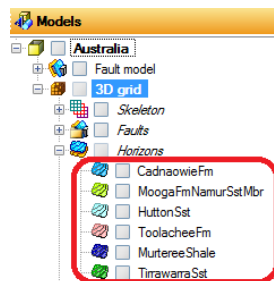
Подвійний клік на процесі **Makehorizons** у вкладці **Structuralmodeling**.



Виникає вікно вибору горизонтів, в якому в першій вкладці **Horizons** створюємо заготовки кнопкою  **Append item in the table**, далі в кожну заготовку в колонку **Input #1** вставляємо файл поверхні і відповідний йому відбиток свердловини з папки **StratigraphyWell tops**.




Після натиснення кнопки **ОК** програма через деякий час розрахує і додасть горизонти в нашу модель

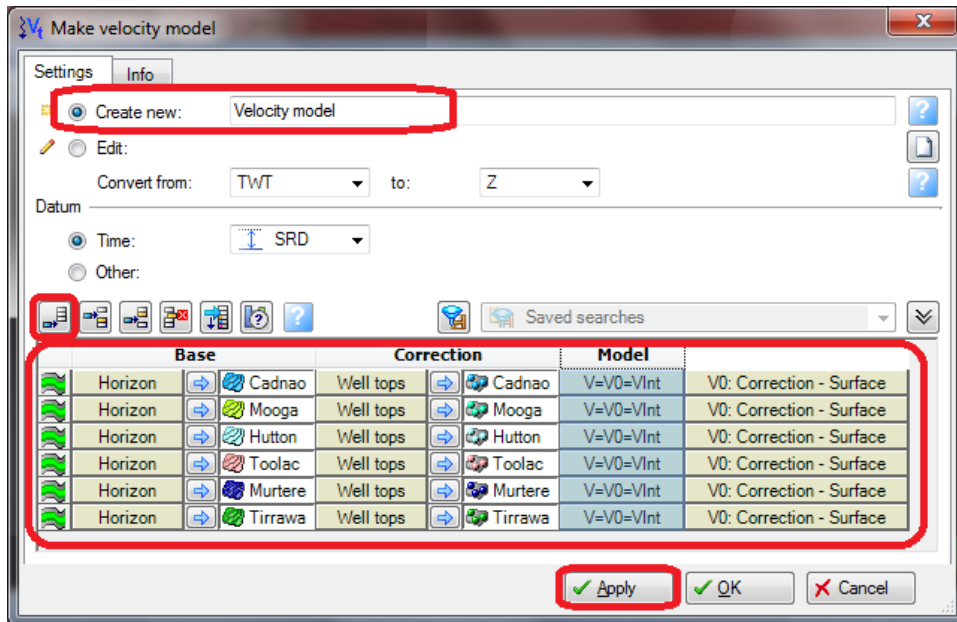


## Завдання

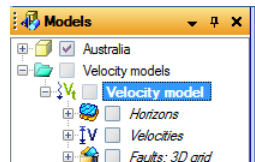
1. Створити горизонти використовуючи поверхні і відповідні їм відбивки із розділу **Stratigraphy**

## Вправа 7. Глибинне перетворення

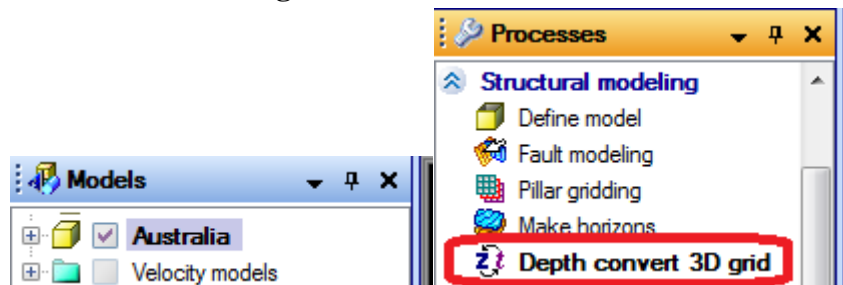
Спочатку потрібно створити швидкісну модель, яка описує залежність часу приходу хвилі від глибини, з якої вона прийшла. Для цього заходимо у вікно **Processes>Geophysics** подвійний клік на **Makevelocitymodel**. Далі вибираємо **Createnew** і пишемо ім'я моделі. Створюємо горизонти за допомогою іконки  **Append item in the table** стільки штук, скільки потрібно. Вибираємо в першій колонці **Horizoni** вставляємо відповідний файл горизонту з попередньої вправи. Далі вибираємо коригування по **Welltops** і вставляємо їх в кожен горизонт з папки **Input**. 4 і 5 колонку проставляємо як на рисунку нижче і натискаємо **Apply** **OK**.



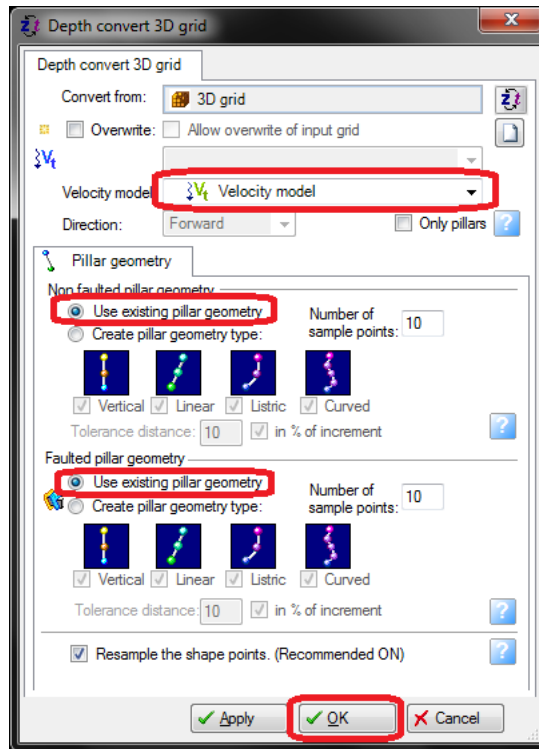
Наша швидкісна модель з'явиться у вкладці **Models**.



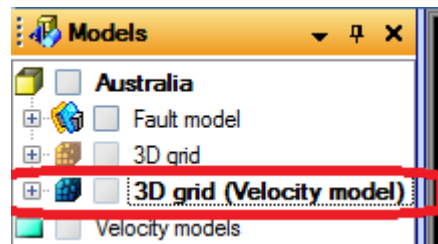
Тепер перетворимо нашу модель із часового масштабу в глибинний. Для цього наша модель має бути активною (виділеною жирним). Потім подвійний клік на **Depthconvert 3Dgridy** вкладці **Structuralmodeling**.



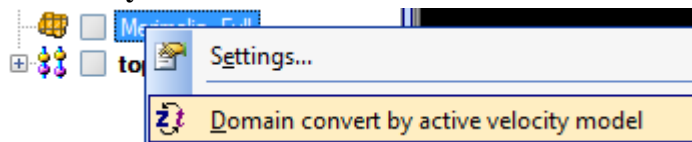
У вікні, що з'явилося, вибираємо нашу швидкісну модель, ставимо галочки на **Useexistingpillargeometry** і натискаємо **OK**. Через деякий час програма перерахує модель із часової у глибинну область.



Глибинна модель з'явиться під часовою.



Таким же чином за допомогою активної швидкісної моделі можна конвертувати об'єкти з папки **Input**(поверхні, горизонти, розломи)з часової області в глибинну. Для цього потрібно клацнути ПКМ на потрібному об'єкті та вибрати пункт **Domain convert by active velocity model**.



Після декількох секунд розрахунків у вибраного об'єкту з'явиться масштаб і в глибинній області.

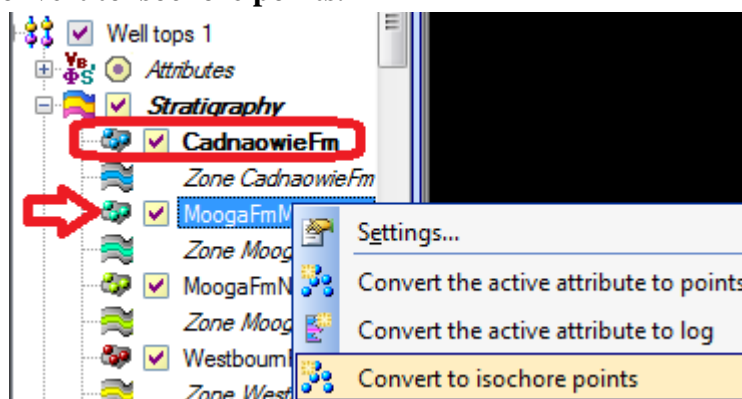


## Завдання

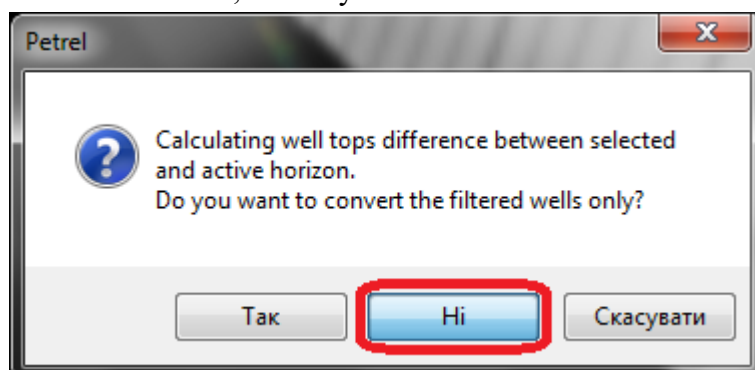
1. Створити швидкісну модель.
2. Перетворити модель із часового масштабу в глибинний (модель має бути активною).

## Вправа 8. Створення зон

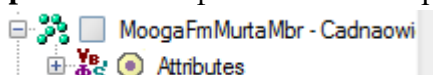
За допомогою зон можна створити горизонти, які з різних причин ми не можемо інтерпретувати, використовуючи відбитки свердловин. Перед створенням зон потрібно створити ізохори. Для цього зайдемо у папку **Input>Welltops>Stratigraphy**. Виділимо жирним перший відбиток горизонту і клацнемо ПКМ на наступному за ним. У контекстному меню вибираємо **Convert to isochore points**.



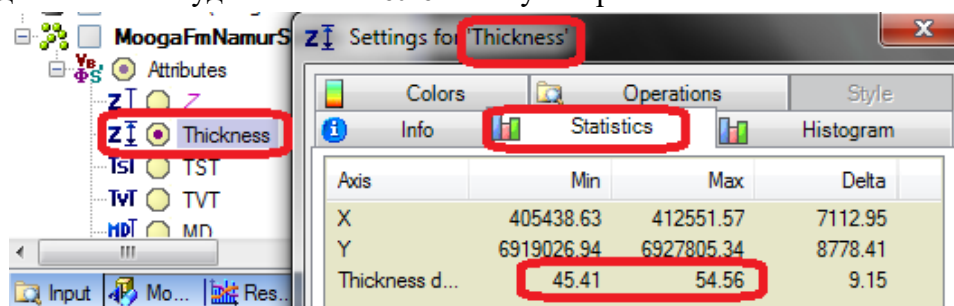
З'явиться вікно з питанням, в якому жmemo Ні.



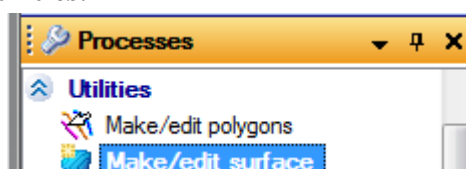
В результаті в папці **Input** з'явиться файл точок ізохор.



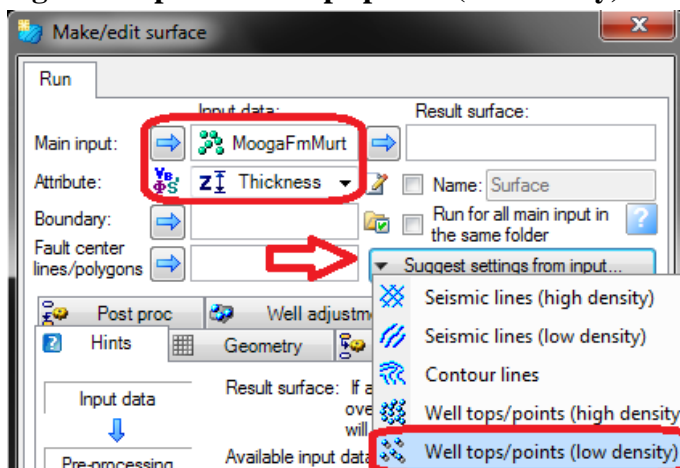
Тепер потрібно зайти в параметри атрибута **Thickness** вкладки **Statistics** і перевірити дані **Thicknessdepth**— вони мають бути додатними. Інакше їх знак потрібно змінити за допомогою вбудованого в **Petrel** калькулятора.



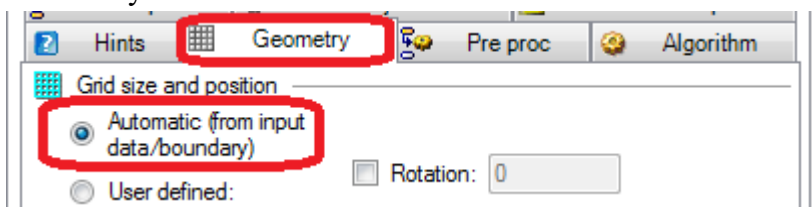
Далі створимо карту потужностей по точковим даним. Двійний клік по пункту **Make/editsurface** вкладки **Utilities**.



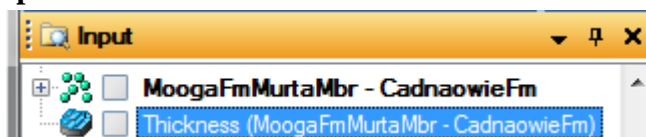
У вікні у **Maininput** вставляємо файл точок ізохор, вибираємо атрибут **Thickness** і **Suggest settings from input – Well tops/points (low density)**.



Далі переходимо у вкладку **Geometry** і ставимо галочку на її автоматичне визначення, жмемо кнопку **OK**.

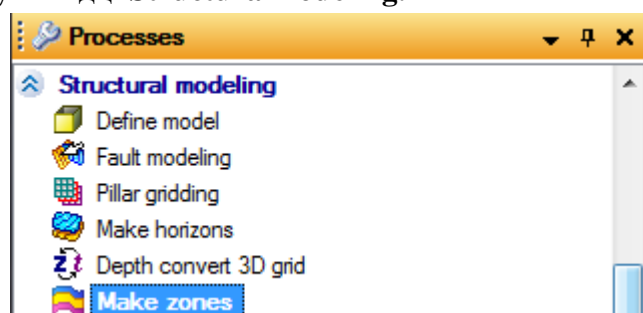


В результаті отримаємо карту потужностей між заданими горизонтами, яка відобразиться у вікні **Input**.



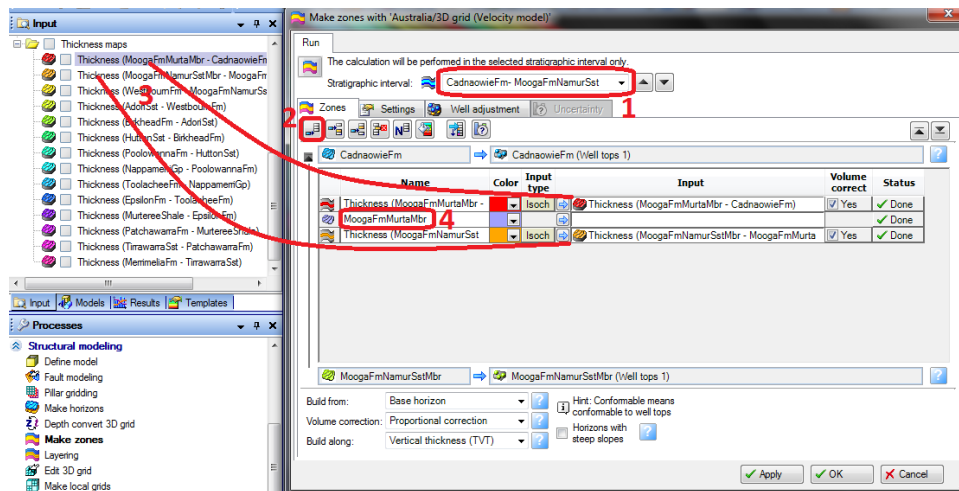
Такі карти потрібно зробити між усіма сусідніми відбитками свердловин, поверхні яких ми хочемо включити в модель.

Далі перейдемо до безпосереднього створення зон у нашій моделі. Подвійний клік на процесі **Make zones** у вкладці **Structural modeling**.



У вікні, що виникло вибираємо потрібний стратиграфічний інтервал (пункт 1). На рисунку нижче між горизонтами **Cadnaowie** та **MoogaFmMurta** знаходиться ще один не проінтерпретований горизонт **MoogaFmMurta**. Тому в даному випадку потрібно вставити один горизонт і дві карти потужностей зверху і знизу від нього, які сполучають його з вищою та нижньою поверхнею. Нові заготовки додаються клавішею з пункту 2. Далі ми вставляємо в заготовки створені нами попередньо карти потужностей (пункт 3), а новий горизонт називаємо так як в відбитках свердловин (пункт 4). Далі переходимо до наступної зони (пункт 1) і повторюємо операцію з наступними горизонтами і картами потужностей, які включає та зона. Якщо зона не містить проміжних горизонтів, то потрібно вставити одну

карту потужностей, якщо Nгоризонтів, то ці горизонти називаються відповідно до їх відбитків свердловин, а між ними вставляються N+1 карт потужностей. Після проходження всіх зон натискаємо **ОК**.



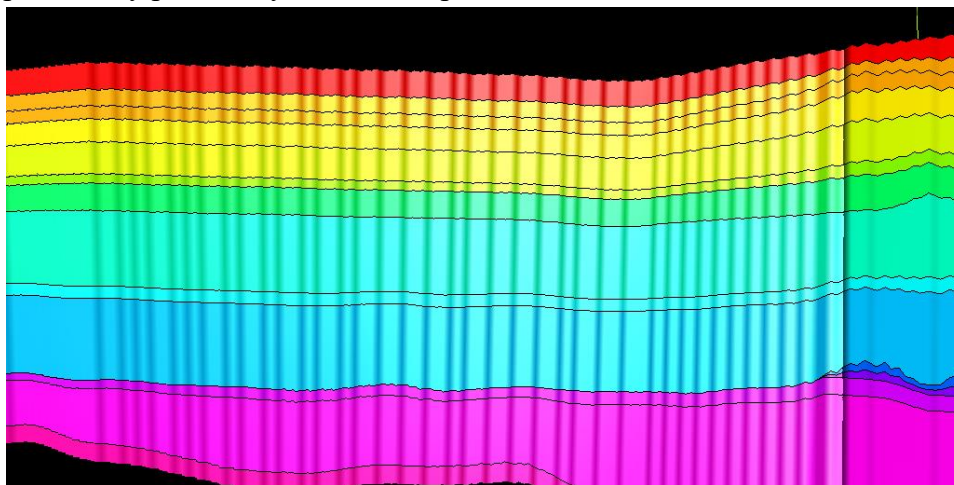
В результаті в моделі утворюються нові автоматично створені горизонти і також з'являться зони

### Завдання

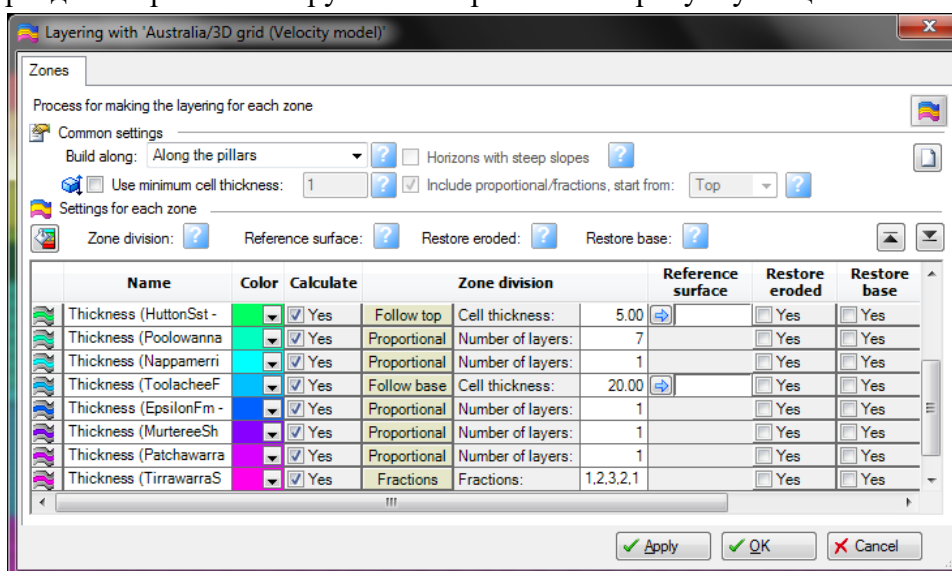
1. Створити ізохори.
2. Далі створимо карту потужностей по точковим даним (такі карти потрібно зробити між усіма сусідніми відбитками свердловин, поверхні яких ми хочемо включити в модель)
3. Створити зони у моделі.

## Вправа 8. Створення нашарування

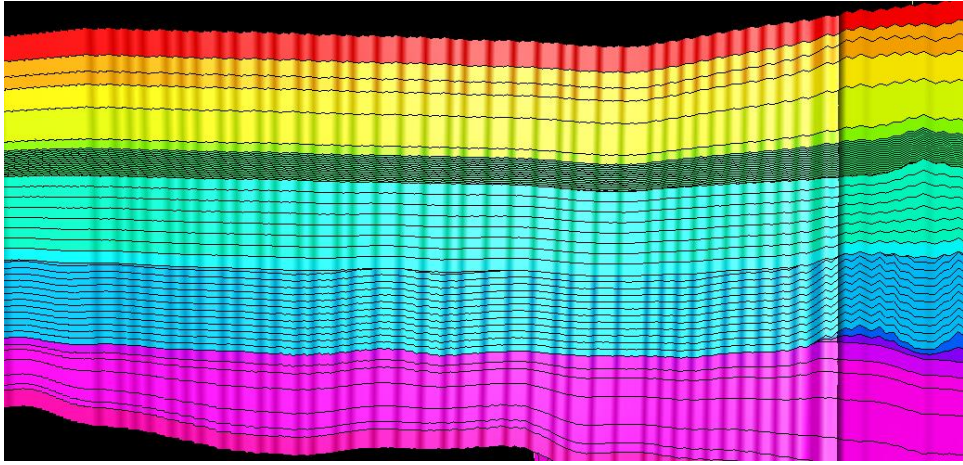
Процес розбивки ґрида на шари не потребує ніяких додаткових даних і лише збільшує вертикальну роздільну здатність ґрида.



Розріз до створення нашарування зображений на рисунку вище.



Подвійний клік на процесі **Layering** у вкладці **Structuralmodeling**. У відкритому вікні проставляємо значення в колонках, як показано на рисунку вище. В зоні **HuttonSst** вибираємо **Followtop**, щоб нашарування наслідувало покрівлю товщі, і товщину клітинки 5. В **Polowanna** виставляємо кількість шарів, наприклад 7, і програма поділить цю товщу на 7 рівних пропластків. Для товщі **ToolacheFm** можна поставити **Followbase**, тоді пропластки будуть повторяти форму підшови. Також в **Petrel** товщу можна поділити на шари по пропорціям на прикладі **TirrawarraSst**, вона поділена у співвідношенні 1:2:3:2:1. В результаті після застосування введених характеристик розріз трансформується наступним чином.

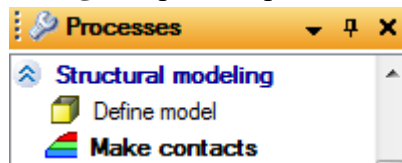


## Завдання

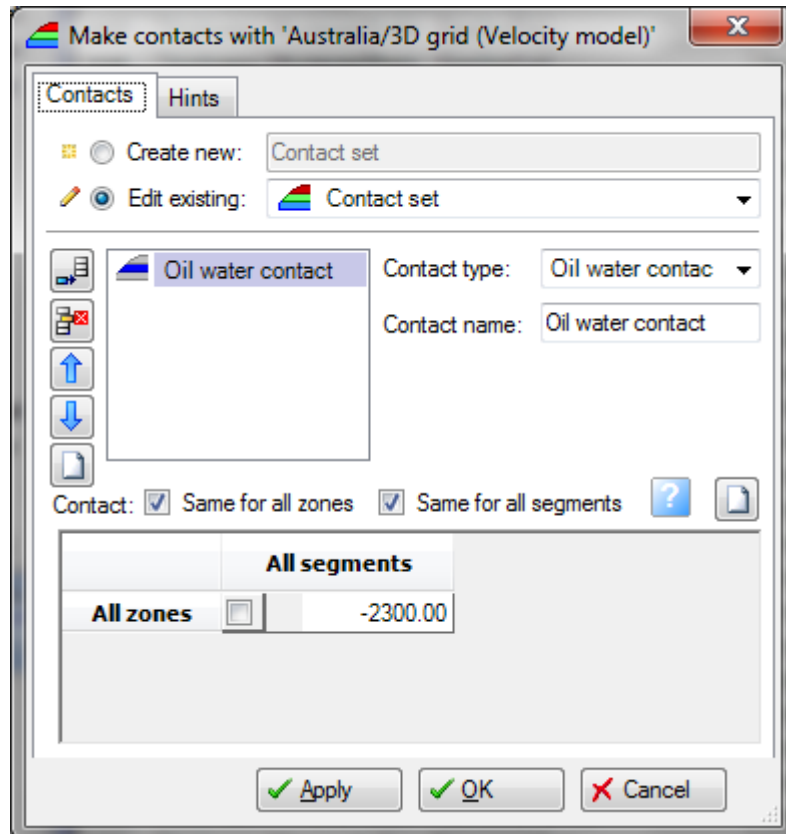
1. Створити нашарування

## Вправа 9. Задання контактів між флюїдами

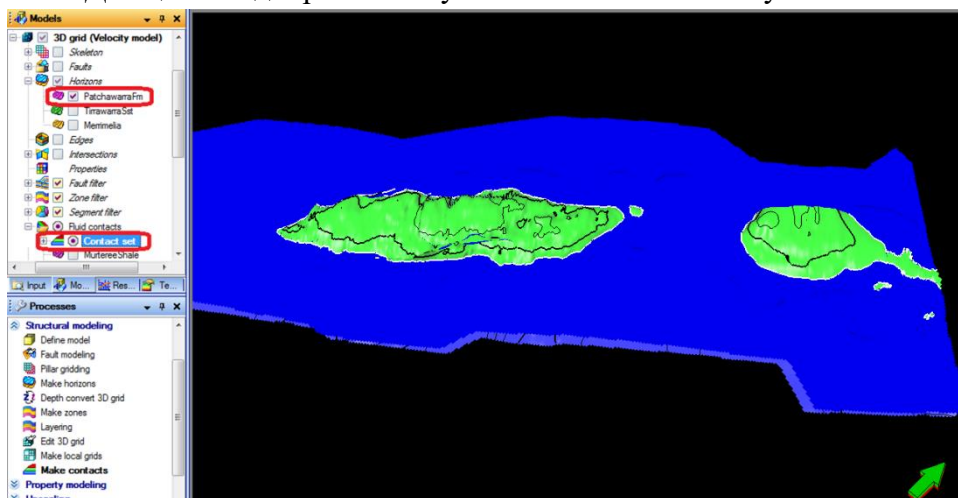
У вкладці **Structuralmodeling** вибираємо процес **Makecontacts**.



У відкритому вікні вибираємо один водно-нафтовий контакт **Oil-watercontact** та його глибину -2300 м. Натискаємо **ОК**.



Тепер подивимось пересікання нашого контакту з продуктивним горизонтом **PatchawarraFm**. Для цього відобразимо їх у 3Двікні та глибинному масштабі.



Зеленим кольором позначено ділянки горизонту **PatchawarraFm**, які знаходяться вище рівня нафто-водного контакту. Фактично це ділянки, заповнені нафтою, які з одною

сторони обмежені водою, а зверху перекриті водотривом. Саме вони нам і потрібні для розрахунку запасів вуглеводнів

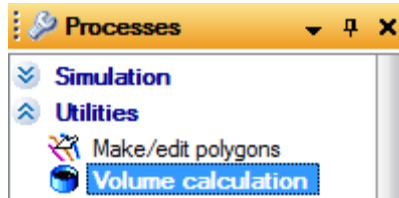
### **Завдання**

1. Створити oil-watercontact
2. Візуалізувати перетин контакту з продуктивним горизонтом PatchawarraFm.

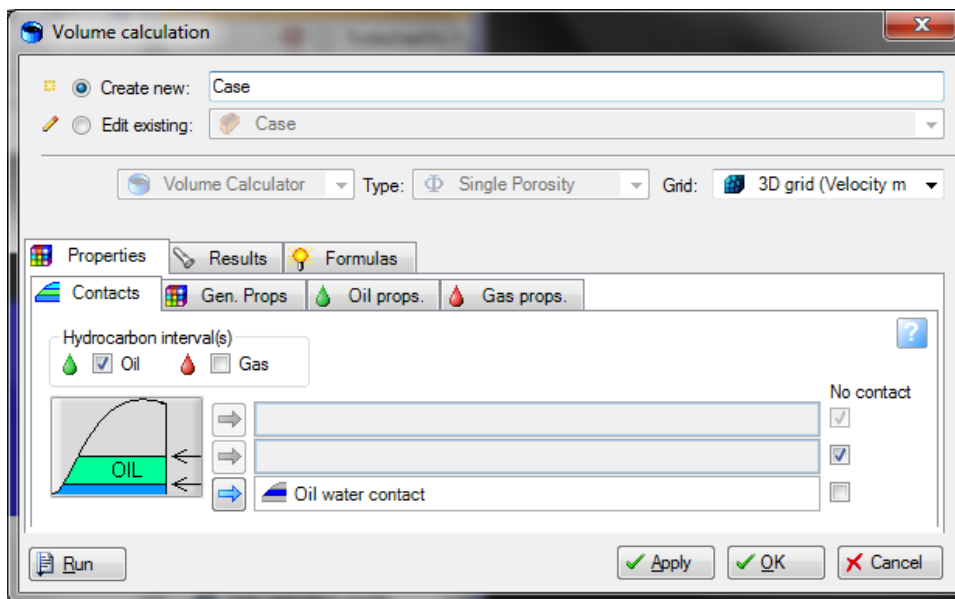
## Вправа 10. Підрахунок запасів

Для підрахунку запасів потрібно мати заданий контакт (водо-нафтовий чи нафтогазовий), а також знати деякі літологічні параметри колектора.

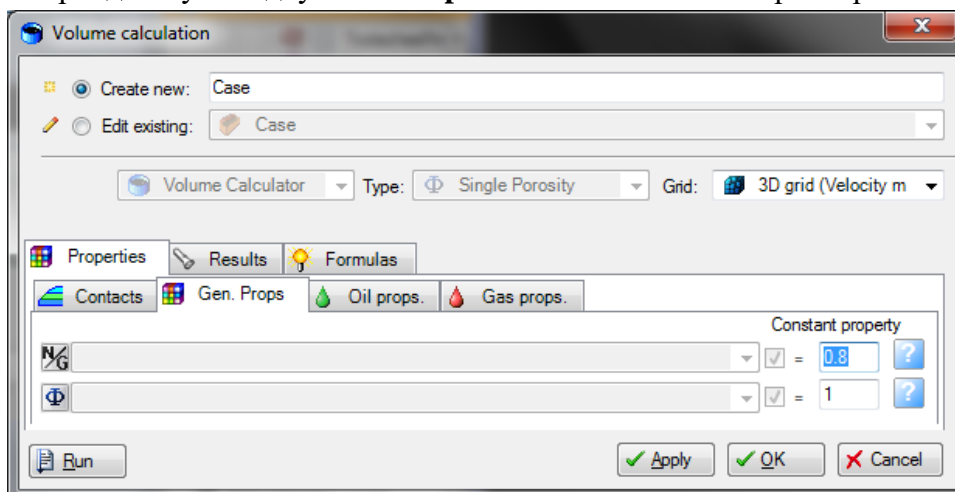
Щоб викликати вікно підрахунку, потрібно вибрати у вікні **Processes** у вкладці **Utilities** вибрати процес **Volume calculation**.



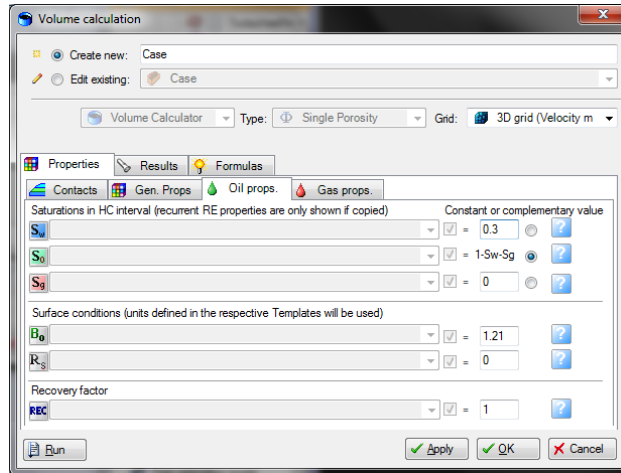
Створимо новий файл умов **Case** і виберемо один контакт води з нафтою у вкладці **Contacts** (зніmemo галочку навпроти нього і вставимо файл контакту справа від блакитної стрілки).



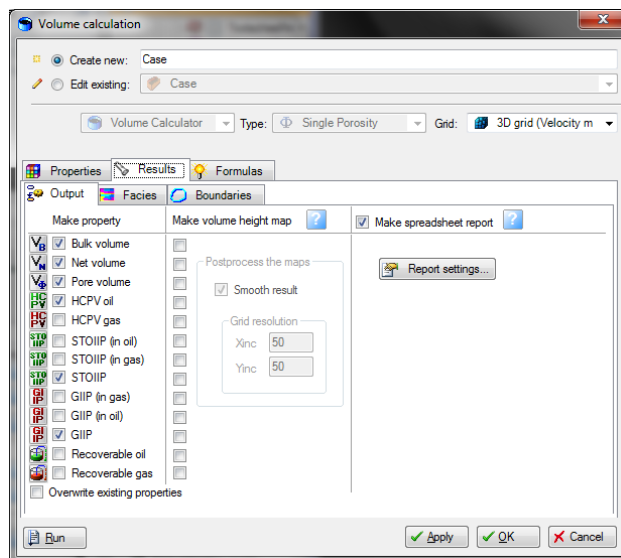
Далі перейдемо у вкладку **Gen. Props** і змінимо значення параметра **NettoGross** на 0.8



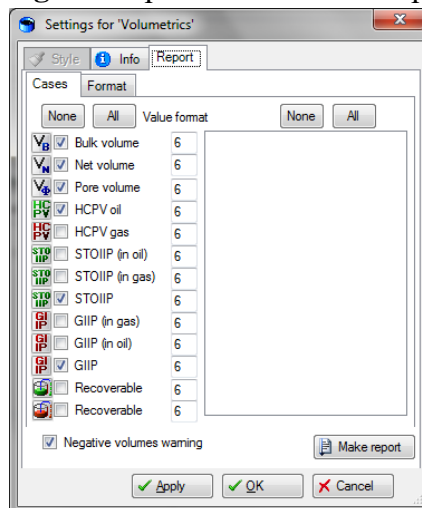
Потім перемикаємо у вкладку **Oilprops**. Проставляємо тут значення параметрів, як показано на рисунку нижче.



У вкладці **Results->Output** вибираємо потрібні характеристики, які будуть обчислюватись на різних ділянках моделі.



Натискаємо **Report settings** і вибираємо там такі ж параметри.



Після введення всіх необхідних характеристик натискаємо кнопку **Run** у нижньому лівому куті. Через деякий час розрахунків програма виведе таблицю необхідних характеристик і запасів, відсортовану по сегментам і горизонтам. Так як перекриваючий горизонт у нас **Patchwarra Fm** нам потрібні дані під ним. В загальному вийшло 192 млн. м<sup>3</sup>.

173	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 1	9	7	7	5
174	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 2	0	0	0	0
175	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 3	76	61	61	42
176	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 4	0	0	0	0
177	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 5	229	183	183	128
178	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 6	0	0	0	0
179	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 7	19	16	16	11
180	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 8	7	5	5	4
181	Thickness (PatchawarraFm - MurtereeShale)	Segment 9	3	3	3	2

### Завдання

1. Виконати підрахунок запасів за вищенаведеною методикою

## Список рекомендованої літератури

### Основна:

1. Продайвода Г.Т., Трипільський О.А., Чулков С.С. Сейсморозвідка. – К – ВПЦ «Київський університет», 2008.-351 с.
2. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. – М.: Недра, 1980.
3. Уотерс К. Отражательная сейсмология. Метод отраженных волн для поисков нефти и газа – М.: Мир., 1981.
4. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморозведка. – М.: Мир, 1987.-Т.1,2.

### Додаткова:

1. Аки Х., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. в 2-х т. М., Мир, 1983.
2. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. М. Наука, 1973.
3. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике. М., Недра, 1990.
4. Гогоненков Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморозведкой. М., Недра, 1987.
5. Клаербоут Дж. Сейсмическое изображение земных недр. М., Недра, 1989.
6. Рапопорт М.Б. Вычислительная техника в разведочной геофизике. М., Недра, 1984.
7. Сейсморозведка. Справочник геофизика (в двух книгах). – М.: Недра, 1990.