

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Гірничий факультет

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра геотехнічної інженерії

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ В.І. Альохін  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр

(освітній ступінь)

на тему: **Геологічна будова, структурно-тектонічні особливості та корисні копалини Солотвинської западини Закарпаття**

Виконав: студент II курсу, групи ГЕОМ-22  
(шифр групи)

спеціальності 103 «Науки про Землю»  
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми «Геологія»

Виноградов Є. В.  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник в.о. зав. кафедрою, д. г. н., доцент Альохін В.І.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент кандидат геологічних наук, провідний наук. спіроб. Інституту геологічних наук НАН України В.Р. Дубосарський  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали,) (підпис)

*Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.*

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Покровськ – Луцьк – 2023 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет Гірничий

Кафедра Геотехнічної інженерії

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_/В.І. Альохін/  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

## **ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Виноградов Євгеній Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Геологічна будова, структурно-тектонічні особливості та корисні копалини Солотвинської западини Закарпаття

керівник роботи Альохін Віктор Іванович, д.г.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом від «22» 09 2023 року № 479

2. Строк подання студентом роботи 22 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: польові спостереження у відслоненнях порід, виміри елементів залягання тектонічних тріщин та порушень, геологічні карти Закарпаття та Солотвинської западини

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз раніше проведених досліджень, аналіз геологічної будови Закарпаття та Солотвинської западини, дослідження структурно-тектонічних особливостей району з встановленням систем тектонічних порушень та тектонічних тріщин, аналіз зв'язків корисних копалин з тектонічними структурами

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Геологічна карта району, геологічна схема Солотвинської западини, фотографії відслонень гірських порід, троянди-діграми простягання та стереограми полів палеонапружень тектонічних розривних порушень та тріщин.



## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 1      | доц. Сахно С.В.                           | 22.09.2023 р.  |                  |
| 2      | проф. Левіт В.В.                          | 22.09.2023 р.  |                  |
| 3      | Зав. кафедри Альохін В.І.                 | 22.09.2023 р.  |                  |
| 4      | Зав. кафедри Альохін В.І.                 | 22.09.2023 р.  |                  |
| 5      | доц. Ісаєнков О.О.                        | 22.09.2023 р.  |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання 22 вересня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                                                          | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз раніше проведених досліджень                                          | 15.10. 23                     |          |
| 2     | Геологічна будова Закарпаття та Солотвинської западини                       | 31.10. 23                     |          |
| 3     | Методи досліджень та обробки геологічних даних                               | 15.11.23                      |          |
| 4     | Структурно-тектонічні особливості та корисні копалини Солотвинської западини | 30.11.23                      |          |
| 5     | Охорона праці при геологорозвідувальних роботах                              | 15.12.23                      |          |
| 6     | Оформлення роботи та підготовка її до захисту                                | 22.12.23                      |          |
|       |                                                                              |                               |          |
|       |                                                                              |                               |          |
|       |                                                                              |                               |          |
|       |                                                                              |                               |          |
|       |                                                                              |                               |          |

**Студент**

\_\_\_\_\_  
( підпис ) Виноградов Є.В.  
(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_  
( підпис ) Альохін В.І.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Виноградов Є. В. Геологічна будова, структурно-тектонічні особливості та корисні копалини Солотвинської западини Закарпаття / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 103 «Науки про Землю» (спеціалізація «Геологія») – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ-Луцьк, 2023 р.

У роботі наведений аналіз геологічної будови Солотвинської западини та особливості будови Закарпатського прогину. Розглянуто методи досліджень та обробки геологічних даних. На трьох ділянках детально досліджені розривні порушення, тектонічні тріщини та складчасті деформації Солотвинської западини. Встановлені системи тектонічних тріщин та розривних порушень та їх кінематичні типи. Проаналізовано корисні копалини Солотвинської западини та їх зв'язок з розривними порушеннями.

В роботі використані методи структурно-тектонічні методи та тектонофізичні методи обробки польових даних з використанням спеціальних комп'ютерних програм «Fabric 8» та «Win Tensor».

Розглянуті питання охорони праці при виконанні геологорозвідувальних робіт.

**Ключові слова:** геологічна будова, тектоніка, магматизм, розлом, тектонічні тріщини, поля палеонапружень, корисні копалини.

Список публікацій студента:

1. Муровська А. Альохін В., Виноградов Є. Тектонічні деформації та палеонапруження в межах Солотвинського басейну (Закарпатська Україна) / XI Міжнародна науково-практична конференція «Новітні інформаційно-комунікаційні технології в освіті», Флоренція, Італія, 2023, с. 128-133.

## ABSTRACT

Vinogradov E.V. Geological structure, structural-tectonic features and minerals of the Solotvynska depression of Zakarpattia / Graduation qualification work for obtaining an educational degree "Master" in specialty 103 "Earth Sciences" (specialization "Geology") - State Technical University DonNTU, Pokrovsk - Luts'k, 2023 .

The paper provides an analysis of the geological structure of the Solotvyn depression and features of the structure of the Transcarpathian depression. Methods of research and processing of geological data are considered. Discontinuity faults, tectonic cracks, and fold deformations of the Solotvyn Depression were studied in detail at three sites. Established systems of tectonic cracks and discontinuous faults and their kinematic types. Minerals of the Solotvyn depression and their connection with discontinuous faults were analyzed.

Structural-tectonic methods and tectonophysical methods of processing field data and special computer programs "Fabric 8" and "Win Tensor" are used in the work.

Considered issues of occupational health and safety when performing geological exploration works.

**Key words:** geological structure, tectonics, magmatism, fault, tectonic cracks, paleostress field, minerals.

List of publications of the student:

1. Murovskaya A., Alokhin V., Vinogradov E. Tectonic deformations and paleostresses within the Solotvine basin (Transcarpathian Ukraine). The XI International Scientific and Practical Conference "The latest information and communication technologies in education", (November 27-29, 2023, Florence, Italy). 2023. 128-133.

## ЗМІСТ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                   | 7  |
| 1. Аналіз раніше проведених досліджень.....                                                  | 11 |
| 2. Геологічна будова Закарпаття та Солотвинської западини .....                              | 16 |
| 2.1. Геологічні особливості Карпат та Закарпатського прогину.....                            | 16 |
| 2.2. Геологічна будова Солотвинської западини .....                                          | 35 |
| 3. Методи досліджень та обробки геологічних даних .....                                      | 40 |
| 4. Структурно-тектонічні особливості та корисні копалини<br>Солотвинської западини.....      | 46 |
| 4.1. Системи розривних і складчастих дислокацій та їх умови<br>формування.....               | 46 |
| 4.2. Корисні копалини Солотвинської западини та їх зв'язок з розривними<br>порушеннями ..... | 56 |
| 5. Охорона праці при геологорозвідувальних роботах .....                                     | 60 |
| Висновки.....                                                                                | 71 |
| Список використаних джерел....                                                               | 73 |

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми.** Сучасний етап розвитку геології та природничих наук зумовлює високий ступінь актуальності вивчення геологічних особливостей певного регіону. Солотвинська западина, як об'єкт дослідження, має стратегічне та економічне значення, оскільки в ній можуть знаходитися великі запаси корисних копалин.

На даний момент геологічна будова Солотвинської западини є активним об'єктом дослідження, проте такі питання, як структурно-тектонічні особливості та деформації неогенових відкладів западини, умови їх формування та розвитку у часі, контроль розміщення корисних копалин є недостатньо вивченими. Тому дослідженню цих питань присвячена представлена робота.

**Актуальність.** Актуальність дослідження обумовлено як новими підходами до історії формування Карпат з точки зору терейнової тектоніки, так і с виникненими проблемами розробки і використання корисних копалин Солотвинської западини. Це і проблеми розробки соляних родовищ, покладів вуглеводнів, використання туфу та інші.

**Мета роботи.** Метою даної роботи є вивчення геологічної будови Солотвинської западини, виявлення структурно-тектонічних особливостей її неогенових покладів на основі нових технологій і методів токонофізичного аналізу та встановленню взаємовідносин тектонічних структур з покладами корисних копалин.

### **Задачі роботи:**

- провести аналіз літературних джерел та вивчення попередніх досліджень з даної теми;
- аналіз моделей геологічної будови Закарпатського прогину та Солотвинської западини, які побудовані різними науковими установами в останні роки;
- обробка польових даних геологічних досліджень тектонічних структур з визначенням їх систем в спеціальній комп'ютерній програмі «Fabric 8»;



- реконструкція полів палеонаружень в програмі «Win Tensor», встановлення за тектонофізичними даними умов формування разривних порушень та етапів їх тектонічної активізації та кінематичних типів;

- встановлення форм зв'язку корисних копалин з тектонічними структурами в неогенових покладах.

**Об'єкт досліджень.** Об'єктом дослідження є Солотвинська западина Закарпатського прогину.

**Предмет досліджень.** Предметом дослідження є геологічна будова, структурно-тектонічні особливості та взаємовідносини їх з покладами та проявами корисних копалин Солотвинської западини Закарпаття.

**Теоретична значимість роботи.** Результати дослідження можуть доповнюють та розширюють знання про геологічні процеси, деформації неогенових відкладів, умови формування та розвитку у часі цих деформацій та їх вплив на формування та розподіл корисних копалин у дослідженому регіоні Закарпаття.

**Практична значимість роботи.** Солотвинська западина є цікавим об'єктом для дослідження через свою складну геологічну будову та наявність багатьох корисних копалин. Встановлені зв'язки покладів корисних копалин з певними структурами підвищує ефективність прогнозування родовищ корисних копалин в регіоні та доповнює дані геокартування новою інформацією, особливо, що стосується формування молодих деформацій в нергеновій товщі.

**Методи дослідження.**

Аналіз літературних джерел останніх років з геологічної будови, тектонічного розвитку у часі, магматизму та метаморфізму, системи розривних дислокацій фундамента та осадового чохла Закарпатського прогину та Солотвинської западини. Складання геологічної схеми, яка відображає останні геологічні дані з глибинної будови та будови неогенових покладів западини.

Збір польових структурно-тектонічних даних по ділянках досліджень – вимірів елементів залягання розривних та складчастих порушень.



Підготовка польових даних до обробки в комп'ютерних програмах «Fabric 8» та «Win Tensor» - підготовка вихідних файлів, тестування роботи програм на файлах-шаблонах, корегування вихідних файлів у випадках сбоїв програм

Статистичні розрахунки розривних дислокацій у програмі «Fabric 8» та побудова троянд-діаграм простягань та падінь розривних дислокацій по точках спостережень і об'єднаних діаграм для ділянок досліджень, визначення систем розривних дислокацій. розривними порушеннями та .

Розрахунки полів поалеонапружень та побудови стереопроєкцій головних нормальний осей полів палеонапружень по точкам спостережень та об'єднаних стереопроєкцій для ділянок досліджень.

Співставлення полів палеонапружень з розривними порушеннями та встановлення їх умов і кінематичних типів на етапі формування та наступних етапах тектонічної активізації.

Співставлення розривних дислокацій з відомими родовищами корисних копалин та прогнозування нових покладів корисних копалин, чи якості корисних копалин на досліджених ділянках.

### **Структура та загальний обсяг випускної кваліфікаційної роботи.**

Випускна кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновку, списку використаних джерел.

У вступі обгрунтовано вибір теми, показана актуальність роботи, мета за завдання досліджень, їх теоретичне та практичне значення.

В першому розділі роботи проведений аналіз попередніх досліджень особливостей глибинної будови та будови неогенового чохла Закарпатського прогину. Висвітлені питання стратиграфії, тектоніки, магматизму, метаморфізму регіону. Показаний стан вивчення полів палеонапружень, в яких формувалися деформаційні структури.

У другому розділі надані загальні відомості про геологічну будову Закарпаття та Солотвинської западини описані етапи її тектонічного розвитку, особливості кожного етапу, характерні риси вулканізму та соляного

діапірізму. Висвітлені умови залягання гірських порід та їх деформації, як по краях Солотвинської западини, так і в центральній її частині.

Третій розділ присвячений методам геологічних досліджень, які були використані в роботі. Описані методи структурно-тектонічного аналізу та методи тектонофізичних досліджень, підготовка даних до опрацювання в програмах «Fabric 8» та «Win Tensor». Методи побудови діаграм та стереопроекцій деформацій та полів напружень.

В четвертому розділі описані основні результати виконаних структурно-тектонічних та тектонофізичних досліджень по трьом ділянках Солотвинської западини. Визначені системи дислокацій, їх кінематичні типи та умови формування, зв'язок з корисними копалинами.

В п'ятому розділі описані правила охорони праці при геологорозвідувальних роботах. У висновках надані основні результати досліджень та їх значення.

Робота включає 18 рисунків. Загальна кількість сторінок – 74.

За темою досліджень опубліковані тези доповіді на міжнародній конференції в Італії : Murovskaya A., Alokhin V., Vinogradov E. Tectonic deformations and paleostresses within the Solotvine basin (Transcarpathian Ukraine). The XI International Scientific and Practical Conference "The latest information and communication technologies in education", (November 27-29, 2023, Florence, Italy). 2023. 128-133.

## **1 АНАЛІЗ РАНІШЕ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Солотвинська та Мукачівська западин входять в українську частину неогенової Закарпатського прогину (рис. 1.1) [1, 2]. Пліоценовий вулканічний хребет Вигорлат Гута розділяє Мукачівський і Солотвинський сегменти Закарпатського прогину і є північно-східною окраїною великого Панонського басейну, що охоплює Центральну Європу. Неогенові відкладання прогину розташовані вздовж Карпатського орогену у внутрішньому районі і являють собою внутрішній басейн, що виник саме на орогенному етапі [3].

Структура земної кори паннонського сегмента в межах ТВ інтерпретується як нагромадження товстошкірих і тонкошкірих покривів фундаменту Тиси та Алькапи (прадавні блоки континентальної кори) з накладеними молодшими структурами розтягання [4].

Дослідження глибинної будови Закарпатського прогину виконано комплексом глибинних геофізичних методів. За результатами цих досліджень в межах прогину відбуваються активні й диференційовані вертикальні та різнонаправлені горизонтальні рухи, помітна сейсмічність та спостерігається підвищений тепловий потік. Найбільша геотермічна активність властива Мукачівській западині, зонам тектонічних порушень і неогенового вулканізму. Що стосується Солотвинської западини та така активність там менша [5].

За геолого-геофізичними матеріалами - геолого-тектонічними, сейсмологічними, геодезичними і за інтерпретацією гравітаційного і магнітного полів встановлено, що Закарпатський прогин має складну блокову будову і розбитий численними розломами. Головними розломами вважаються — Закарпатський та Оашський, які січуть усю земну кору прогину. Відмічається зв'язок гіпоцентрів землетрусів у Закарпатському прогині з розломно-блоковою структурою земної кори. Авторами досліджені особливості розподілу вогнищ землетрусів з глибиною у зоні Закарпатського глибинного розлому і встановлено, що розлом проявляється себе як субвертикальна зона, яка

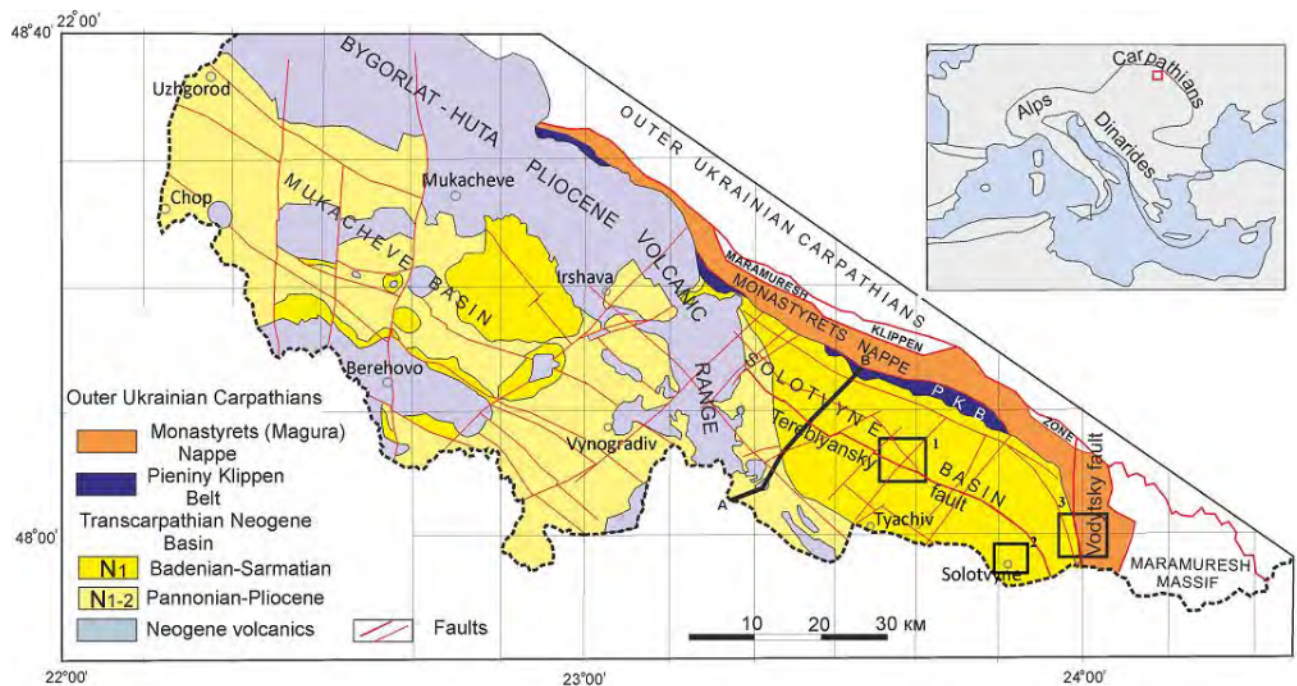


Рисунок 1.1. – Тектонічна схема Закарпатського прогину [1, 2].

Чорні квадрати -ділянки досліджень

прослідковується гіпоцентрами землетрусів на глибинах від 2 до 35 км – до межі Мохо [5].

В цілому Закарпатський прогин має дрібноблокову структуру кори з наявністю численних зон розломів. Найбільші блоки відповідають Мукачівській та Солотвинській западинам, які розділені глибинним розломом. Цей розлом має складну будову і складається із вертикального та нахиленого суброзломів. По вертикальному розлому в неогені були вулканічні виверження Вигорлат-Гутинського пасма. По нахиленому суброзлому, який падає під кутом  $45^\circ$  на схід і зміщує всі сейсмічні горизонти, відбувалися тектонічні рухи (насуви, підсуви), які були пов'язані з терейною тектонікою [5].

Прогин межує із Зовнішніми Українськими Карпатами по субвертикальному Закарпатському розлому, який простягається вздовж тектонічної структури - Пієнінського кліпен поясу.

У пізньому міоцені Закарпатський прогин розвивався як периферійний сегмент Панонського басейну. За даними тектонофізичних досліджень і



механізмів землетрусів у прогині зафіксовано сучасне стиснення північно-західного напрямку [6, 7].

Результати проведених досліджень розривних дислокацій Закарпатського прогину і Солотвинської западини у неогенових відкладах дозволили встановити системи повздовжніх (північно-західного простягання) і поперечних (північно східного простягання) розломів, які, як правило, успадкували основні тектонічні структури донеогенового фундаменту. Встановлена приуроченість до повздовжніх розломів соляних діапирів та криптодіапирів [8, 9].

За результатами раніше проведених структурно-тектонічних і тектонофізичних польових досліджень встановлені деформаційні режими та поля палеонапружень прилеглих територій [6, 10].

Були отримані результати реконструкції полів напружень за даними землетрусів [6].

У останні роки в Солотвинській западині були виконані детальні структурно-геологічні та тектонофізичні дослідження складчастих і розривних деформацій туфових відкладень Тересвинської світи в зоні впливу Тересвинського розлому на ділянці селища Лази Тячівського району. Дослідження проводилися на ділянці «Чорна Вода». У відслоненнях був вивчений склад гірських порід. За даними мікроскопічних досліджень шліфів гірських порід встановлено, що на площі поширені туфи кислого ріодацитового складу з переважанням пелітової структури. Встановлені взаємовідносини між різними системами розривних дислокацій та їх вплив на складчасті структури [11].

Результати реконструкцій полів палеонапружень показали їх різноманітність за кінематичним типом і віком. Було встановлено, що серед цих полів чітко виділяється зсувний тип поля палеонапружень, який проявлений на всіх пунктах спостережень. Це може вказувати на його молодий вік та регіональне значення [11].

Велика робота була проведена з метою вивчення в Карпатському регіоні, включаючи Закарпатський прогин, магматизму та геодинаміки. Дослідниками [12] встановлено, що породи Закарпатського комплексу ( $T_2-K_1$ ) поширені у Закарпатському прогині і представлені базальтами і діабазами ( $T_3-K_1$ ), які перешаровуються з карбонатними, теригенними і тефроїдними утвореннями. В районі м. Мукачеве авторами виявлені і описали ультрамафітові пікритові туфи тріасового віку, а у кепроках соляних штоків поблизу м. Солотвина були знайдені уламки пікритів [12].

Авторами також досліджені Кайнозойські магматичні утворення на території Карпатського регіону, і встановлені їх прояви тільки в Закарпатському прогині, де вони розкриті численними свердловинами та виходять на поверхню у Вигорлат-Гутинському хребті (див. рис. 1.1). За розташуванням, віком, петрографічними та петрохімічними ознаками дослідниками виділені три комплекси раньнеогенового віку: новоселицький (баденій), доробратівський (сармат) і вигорлат-гутинський (сармат–паннон). За типом вулканізму комплекси відносять до континентального вулканізму і постколізійному геодинамічному режиму [12].

Новоселицький комплекс представлений винятково пірокластичними різновидами кислого складу – попеловими, пемзовими туфами, туфітами, ігнімбритами. Головний петротип – ріодацитовий туф. Уламки займають у ньому 10–35 % об'єму, складені вони плагіоклазом (олігоклазом) і кварцом, меншою мірою калієвим польовим шпатом, окремими лусками біотиту, зернами рогової обманки, гіперстена, уламками вулканічного скла. Основна маса – попелова вітрокластична, значною мірою окварцована, карбонатизована. В туфітах міститься до 50 % домішок теригенного матеріалу. Пірокластична в них того самого складу, що і в туфах [12].

В Доробратівському комплексі, окрім плагіо-ріолітових туфів, широко розвинуті вітрокластичні туфи, ігнімбрити, туфолави, перліти, обсидіани. У підпорядкованій кількості трапляються екструзії ріодацитів, ріолітів, лавові потоки андезитів, ріодацитів. Пірокластичні різновиди мають близький



мінеральний склад, але мінливий склад кристалічної уламкової фази: у вітрокlastичних туфах вона становить 1–10 % об'єму порід, в ігнімбритах, кристалоklastичних туфах – до 50 %. Серед уламків звичайно трапляється плагіоклаз, кварц і зрідка – біотит, рогова обманка, калієвий польовий шпат, гіперстен, гранат (альмандин). Як і в новоселицькому комплексі, у доробратівському є уламки вміщуючих кристалічних і осадових порід розміром від долей міліметра до 10 см. Це пісковики, аргіліти, кварцити, граніти, гранат-біотитові, плагіоклазові гнейси, які складають осадовий чохол і кристалічну основу Закарпатського прогину.

Вигорлат-гутинський комплекс на відміну від Новоселицького і Доробратівського складений переважно ефузивними породами – від ріодацитів до базальтів – з різким переважанням андезитобазальтів і андезитів. Андезитобазальти і андезити макроскопічно і мікроскопічно практично не відрізняються і розділяються лише за петрохімічними ознаками. Це порфірові породи, в яких вкрапленики становлять 20–50 %. Вони представлені переважно плагіоклазом і різноманітними мафічними мінералами. Найпоширеніший тип порід – двопіроксенові андезитобазальти, найрідкісніший – олівінові андезити [12].

## 2 ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ЗАКАРПАТТЯ ТА СОЛОТВИНСЬКОЇ ЗАПАДИНИ

### 2.1. Геологічні особливості Карпат та Закарпатського прогину.

Українські Карпати становлять серединну частину Карпатської дуги - зовнішньої гілки Альпійського складчастого поясу Європи. Саме в їхніх межах відбувається зчленування Західних і Східних Карпат, які несуттєво різняться будовою своїх зовнішніх структурних елементів і мають різкі відмінності в структурі та історії геологічного розвитку внутрішніх тектонічних зон. Ще більш виразною є поздовжня тектонічна зональність Карпатської дуги. Тут виокремлюються окремі тектонічні покриви, що являють собою результат міоценового зриву самостійних структурно-фаціальних (інколи структурно-формаційних) зон із насуненням їх у бік зовнішнього (платформного) обрамлення. Простягання ліній насувів і покривів загалом (особливо в межах України) збігається з простяганням басейнів, у яких формувалися опади, хоча іноді такого суворого збігу й не спостерігається [13].

Але за особливостями формаційного складу відкладень, їхньою сучасною структурою та відмінностями історії геологічного розвитку тут виокремлюють Внутрішні та Зовнішні (Флішеві) Карпати, обрамлені Закарпатським внутрішнім і Передкарпатським передовим (крайовим) прогинами, виконаними неогеновими моласами (рис. 2.1). Межею між Внутрішніми і Зовнішніми Карпатами є шовна за своєю природою зона Пенінських стрімчаків, або Пенінський стрімчаковий пояс (за термінологією зарубіжних геологів), який упевнено простежується від Віденського басейну на заході до Мармароського кристалічного масиву на сході та трасується, за деякими даними, в Румунських Карпатах на південь від Марамурезького басейну.

Самостійне тектонічне значення має Мармароський кристалічний масив,

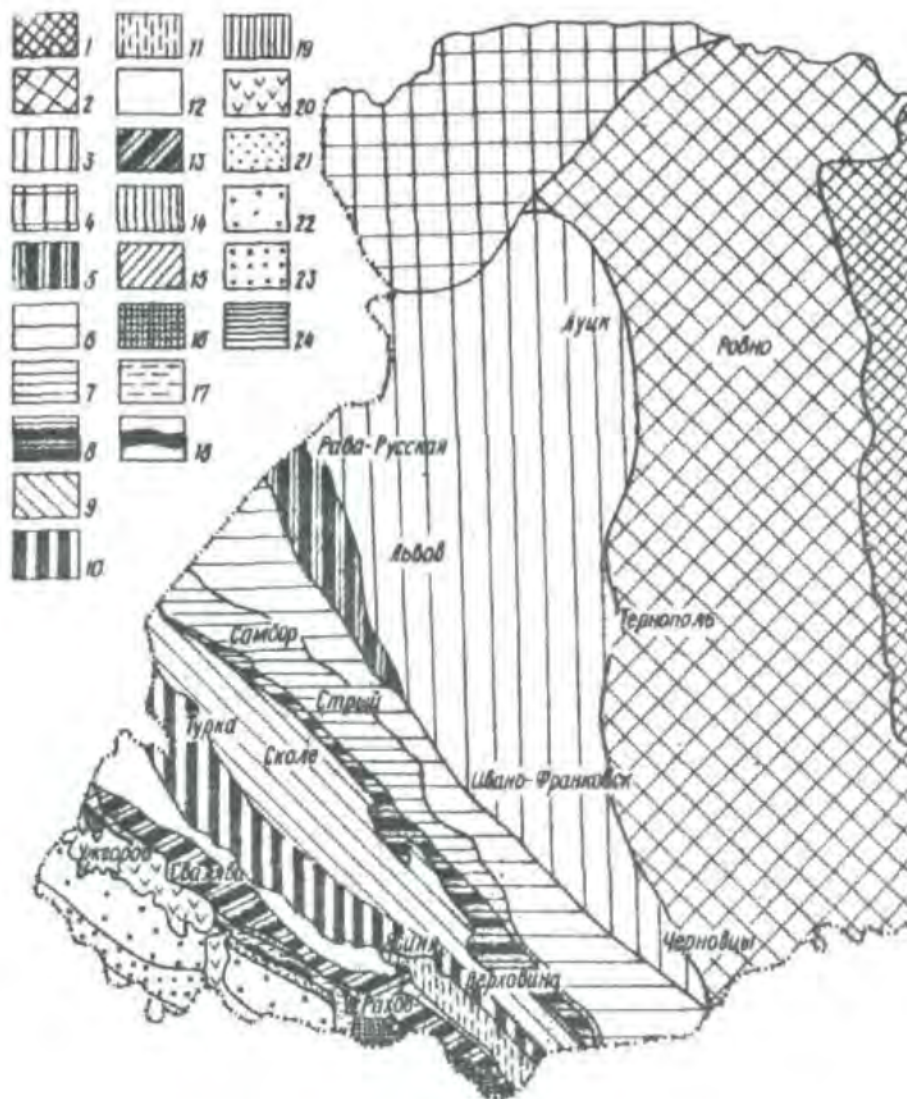


Рисунок 2.1. Схема тектонічного районування західних областей України (за С.С. Кругловим, С.Є. Смирновим, А.В. Хижняковим) [13]. .

Волино-Подільська околиця древньої Східноєвропейської платформи: 1 - Український щит, 2 - західний схил Українського щита, 3 - Львівський палеозойський прогин, 4 - Волинський виступ, 5 - Рава-Руська складчаста зона молоді Західноєвропейської платформи;

Українські Карпати і прилеглі прогини. **Зони Передкарпатського прогину:** 6 - Більче-Волицька, 7 - Самбірська, 7 - Бориславсько-Покутська;

**зони Українських Карпат:** 9 - Скібова, 10 - Кросне, 11 - Чорногірська, 12 - Дуклянська, 13 - Магурська, 14 - Поркулецька, 15 - Сканська, 16 - Мармароського кристалічного масиву, 17 - Мармароських стрімчаків, 18 - Пенінських стрімчаків;

**зони Закарпатського прогину:** 19 - Підгальська, 20 - Вигорлат-Гутинська, 21 - Крайова, 22 - Центральна, 23 - Припаннонського глибинного розлому, 24 - Паннонська міжгірська западина

який лише обрамляє з внутрішньої сторони Флішеві Карпати. Він не входить до складу їхнього фундаменту і за історією геологічного розвитку дуже подібний до Центральнокарпатських масивів Словаччини та Польщі (Татри, Мала і Велика Фатри та ін.), хоча до них і не може бути зарахований (як це робить багато геологів), бо Центральні ядра Карпат і Мармарошський масив розділені шовною зоною Пенінського поясу, який відіграв першорядну роль в історії розвитку всієї Карпатської дуги.

Мармароський кристалічний масив - система покривів фундаменту, що завершили своє формування до пізнього альбу і вже як єдине ціле насунуті на Фліщові Карпати в ранньому міоцені [13].

Зовнішні Карпати - область розвитку виключно флішевих товщ (крейда - нижня частина міоцену), майже повністю позбавлених проявів магматизму, сформованих у серію моновергентних покривів чохла зі складною покривно-складчастою внутрішньою структурою. Покрови сформувалися в міоцені, в кілька фаз, з міграцією за часом покривоутворення від внутрішніх структурно-фаціальних зон до зовнішніх. Доміоценові тектонічні рухи у Зовнішніх Карпатах мали, найімовірніше, глибовий, а не покривно-складчастий характер.

Внутрішні Карпати - область допалеогенової консолідації з широким розвитком покривів основи (сформованих у крейдяний час), з накладеним характером розвитку палеогенового флішу, що не зазнав типової альпінотипної складчастості.

Зона Пенінських стрімчаків, що розділяє Зовнішні та Внутрішні Карпати, характеризується перехідними рисами розвитку і в допалеогеновий час її формування протікало в умовах, подібних до умов Внутрішніх Карпат, а в палеогеновий час - Зовнішніх. Флішенакопичення почалося тут практично в еоцені, а не в титоні-валанжині, як у Зовнішніх Карпатах, але на відміну від Центральних ядер Внутрішніх Карпат, палеоген зім'ятий разом із нефлішеви́ми товщами крейди в складні конформні складки, залучені до системи покривів із вергентністю в бік Флішевих Карпат. У зоні Пенінських стрімчаків Українських Карпат тектонічні рухи проявилися принаймні двічі - у



ларамійську та савську фази. Не виключаються тут і піренейські рухи, але основна складчастість – післяеоценова [13].

За деякими критеріями відмінностей літолого-фаціального порядку в межах Зовнішніх Карпат, або Флішевого поясу, виокремлюють окремі одиниці, що отримали назву структурно-фаціальних зон. Вважається, що майже у всіх випадках по межах таких історико-геологічних зон в орогенний етап їхнього розвитку активізувалися розломи (ще дофлішового закладення), відбувалася їхня трансформація в надвиги і покриви. Нині кожен великий покрив являє собою зірвану зі своєї дофлішевої (домелової) основи структурно-фаціальну зону. Припускають, що деякі такі одиниці під час формування в них опадів розділяли підводні кордильєри або кордильєри, що епізодично піднімалися над рівнем моря. Неоднаковий підхід до висунення критеріїв виділення окремих структурно-фаціальних зон породжує і різні схеми тектонічного районування Флішевих Карпат. Найбільш обґрунтованою з них видається схема (мал. 1), яку і прийнято нами за основу.

Українські Карпати обрамляються Закарпатським внутрішнім і Передкарпатським передовим (крайовим) прогинами, що виконані теригенною і соленосною моласою. У межах Закарпатського прогину за особливостями будови й розвитку міоценового чохла виділяються такі зони (з північного сходу на південний захід): Крайова, Центральна та Припаннонського глибинного розлому. Невеликим фрагментом на крайньому південному заході на територію Радянського Закарпаття заходить Паннонська міжгірська западина, ототожнювана багатьма дослідниками із серединним масивом. Накладеним елементом у Закарпатському прогині є неогенова вулканічна Вигорлат-Гутинська гряда, що простягається сюди з Словаччини і йде далі в Румунію.

Передкарпатський прогин поділяється на три самостійні зони. Зовнішня - Більче-Волицька, закладена на платформній основі, що ступінчасто занурюється в бік Карпат, і характеризується майже повсюдним розвитком структур платформного типу. Виконана вона верхніми моласами міоцену. Центральне положення посідає алохтонна Самбірська зона (покрив), яка



зазвичай об'єднувалася з більш внутрішньою Бориславсько-Покутською одиницею в єдину Внутрішню зону. Однак історія її розвитку різко відмінна від Бориславсько-Покутської зони, особливо в донеогеновий етап. Формувалася вона на основі, що відігравала роль буфера між платформою і Карпатською флішевою геосинкліналлю, у межі якої флішева область седиментації або взагалі не поширювалася, або проникала локально й епізодично [13].

Внутрішнє положення посідає також алохтонна Бориславсько-Покутська зона, сформована на геосинклінальній (флішевій) основі, яка, по суті, є краєм Флішевих Карпат, що активно занурювався в міоцені. Це складна багатоярусна система покривів, насунута у свою чергу на Самбірський покрив.

**Закарпатський прогин.** На території Закарпатського прогину вивченню доступні (розкриті природними відслоненнями і свердловинами) відкладення кайнозою, мезозою і самих верхніх горизонтів палеозою. Відповідно, тільки в межах цих часових інтервалів можна простежити історію розвитку (динаміку) ендегенних процесів для даного регіону.

Найдавнішими відкладеннями з розкритих свердловинами в Закарпатському прогині є метаморфічні сланці - кварц-слюдисто-карбонатні, карбонатні, польовошпат-кварцові, польовошпат-слюдисті, слюдисто-хлоритові. Ці утворення (розкрита потужність їх становить 330-530 м), що пройшли епітермальну стадію метаморфізму, віднесено до пермі та верхнього карбону значною мірою умовно. Початковими для них осадовими породами були, ймовірно, теригенні (цещано-глинисті), туфогенні та карбонатні утворення, що накопичувалися в умовах неглибокого шельфу, який прогинався зі швидкістю понад 10 м/млн. років. Ці відкладення (моласова формація?) являють собою, ймовірно, результат орогенного етапу герцинського циклу розвитку пра-Карпат, що протікав, очевидно, в умовах загального тангенціального стиснення. Слід застерегти умовність цього припущення (як і інших, висловлених вище, припущень): не зрозумілі природа і первинний склад цих давніх метаморфічних утворень, відсутні ознаки складчастих і надвигових дислокацій, немає певних даних про вік метаморфізму [13].

З комплексом карбонатних і карбонатно-терригенних метаморфізованих утворень асоціює ефузивно-терригенна товща кислого ліпарит-дацитового складу.

Орогенний етап розвитку герцинської геосинкліналі завершився на рубежі палеозою і мезозою здійсненням, що зумовило наявність континентальної перерви наприкінці пермі - початку тріасу. Тріасовий період розпочався нагромадженням базальних грубоуламкових порід, що змінювалося формуванням терригенних червоноколірних, терригенно-карбонатних і карбонатних відкладів. Квaziплатформений і лептогеосинклінальний (за В.Є.Хайном), або ранньогосинклінальний, етапи розвитку Карпатського регіону характеризуються спочатку поступовим переважанням, а із середнього - пізнього тріасу повним пануванням карбонатної седиментації, що продовжувалася. Потім протягом усього юрського періоду. Накопичення карбонатних, відносно мілководних опадів відбувалося в умовах повільного загального, часом диференційованого (локально стабільні ділянки в ділянці здійснення) прогинання, зумовленого розтягуванням земної кори, яке розпочалося, імовірно, ще в тріасовому періоді. Розтягнення супроводжувалося інтенсивними проявами ранньогосинклінального основного й ультраосновного магматизму (потoki спіліто-діабазових лав і лавобрікчій, туфогенні породи, радіоларити, кременисті вапняки).

Характер (умови розвитку, інтенсивність, спрямованість) ендегенних процесів раннього і середнього мезозою (квaziплатформений і ранньогосинклінальний етапи) був, імовірно, єдиним для всього Карпатського регіону. Диференціація геосинклінальної області відбулася на межі юрського та крейдяного періодів, тобто на початку етапу розвитку регіону, який для Зовнішніх Карпат є власне геосинклінальним (флішевим) етапом.

У межах Внутрішніх Карпат (Закарпатський прогин на території України) після короткочасної перерви, можливо, в ранній крейді, розпочалося більш інтенсивне (порівняно з юрським періодом) прогинання, яке супроводжувалося формуванням темнокольорових терригенних піщано-глинистих відкладів

кричевської свити (аспідна формація) за інтенсивності осідонакопичення, яка поступово зростала, без перерви впродовж усього крейдового періоду. Деяка диференціація седиментаційних процесів та ендегенних режимів спостерігається тут у другій половині пізньої крейди і виражається у змінах фаціальних умов та проявах вулканізму.

В еоценову епоху відбувається посилення диференціації тектонічного режиму. На тлі загального поступового зменшення глибин Закарпатського басейну відмічаються ділянки інтенсивного прогинання з нагромадженням флішевих і флішоїдних теригенних піщано-глинистих товщ. Диференціація та активізація тектонічного режиму зумовили формування блоків, що зазнали різноспрямованих вертикальних рухів, мобілізацію стародавніх шовних зон, які обмежували Закарпатський прогин (Припаннонський і Закарпатський глибинні розломи) і та прояв у пізній крейді інверсійного середньолужного ефузивного магматизму.

Розвиток геосинкліналі на крейдовому та палеогеновому етапах відбувався в умовах тангенціального стиснення, що на заключних стадіях альпійського циклу зумовило здійснення внутрішньокарпатської території, блоково-складчасто-надвигові дислокації мезозойських і палеогенових комплексів та закладення Закарпатського прогину.

Формування потужного моласового комплексу розпочалося в еггенбургебаденії нагромадженням піщано-глинистих і грубоуламкових опадів і тривало без перерв (у регіональному плані) до кінця пліоцену. Фаціальні умови відрізнялися значною мінливістю. Нормально-морська мілководна обстановка змінювалася умовами замкнутих засолонених басейнів, а потім - континентальним озерно-болотним режимом осадконакопичення. Інтенсивність прогинання дна моласового басейну перевищувала 260 м/млн.років.

Різно зросла на початку міоцену інтенсивність рухів земної кори вздовж шовних зон Закарпатського і Припаннонського глибинних розломів, що стала причиною активізації вулканічної діяльності на орогенному етапі розвитку Карпатської геосинкліналі. Основний і кислий магматизм в ефузивній та

інтрузивній формах проявився в межах Закарпатського прогину на різних рівнях - від баденію до паннону і левантину. Вибух вулканічної активності приурочений до пізнього міоцену - пліоцену. У цей час у межах Закарпаття почалося розсування мобільних блоків земної кори. Ці рухи відбувалися в глобальному масштабі, закономірно завершували орогенний етап розвитку Карпатської геосинклінали й були, ймовірно, зумовлені початком новітнього циклу розтягування Землі.

**Доальпійський вулканізм.** Роль магматизму в розвитку Карпатського регіону різна не тільки в історичному аспекті, а також і за ступенем його участі у формуванні окремих структурних зон. У межах Карпатського регіону найбільш доступний вивченню альпійський вулканізм. Інформацію про давній доальпійський вулканізм несуть у собі тільки метаморфічні комплекси порід, які тут розвинені досить обмежено (Мармароський масив, частково домезозойський фундамент Закарпатського прогину). Тому виділення окремих магматичних комплексів у доальпійській історії Карпат часто вельми дискусійне. Наприклад, болючу складність становить розв'язання питання про наявність реліктів байкальської структури в межах Мармароського масиву і в цьому зв'язку про байкальський вулканізм. Більшість дослідників, ґрунтуючись на даних визначень абсолютного віку (близько 530 млн. років), припускають наявність у цьому регіоні реліктів байкальської структури, що представлені гнейсово-сланцевою (білопотоцькою) свитою, яка містить амфіболіти (потік Явірниковий, Бредецель). Формаційна природа амфіболітів, як і всієї товщі, не ясна. Можна припустити, що це результат метаморфізму діабазових дайок, про що свідчать січні контакти амфіболітів, їхній мінеральний і хімічний склад, реліктові структури ефузивів і туфів основного складу [13]. .

Крім амфіболітів до байкальського циклу відносять гнейсо-граніти явірникового типу, що утворюють невеликі штокоподібні тіла серед порід гнейсо-сланцевої (білопотокської) свити. Гнейсо-граніти являють собою малослюдисті лейкократові породи, пересичені кремнеземом, з високим вмістом лугів, особливо  $K_2O$ . Вони характеризуються середньо- і



грубозернистими лепідогранобластическімі структурами з реліктами гранітизації вміщуючих порід. За уявленнями С.Г.Рудакова, допалеозойський комплекс зазнав пізньодондокембрійської складчастості з утворенням брахіантиклінальних структур, а впровадження лейкократових гранітоїдів відбувалося після завершення складчастості.

Каледоно-герцинський магматизм. Більшість проявів вулканізму у вигляді ефузивів і пірокластів ранньопалеозойського часу супроводжували нагромадження потужних піщано-глинистих відкладів, об'єднаних у деловецьку, берлебашську (кембрій - ордовик) та магурську (силур - девон) свити. Ефузивний магматизм цього періоду відповідає ранньогeosинклінальному і власне геосинклінальному етапам каледоногерцинського тектоно-магматичного циклу розвитку регіону. На початку ранньогeosинклінального етапу домінували низхідні рухи, що зумовили осадконакопичення і магматизм. Тут переважають вулканіти основного складу, що зазнали глибокого перероблення до актинолітових і альбіт-хлоритових сланців (потік Бредецель). Хімічний і мінеральний склад зазначених сланців, а також їхня морфологія та релікти структури дали змогу А.К.Бойку віднести ці утворення до ефузивів і туфів андезито-базальтового складу.

Ширше й різноманітніше в ранньогeosинклінальному етапі проявлений середньокислий вулканізм. Диференціати цього вулканізму утворюють потужну порфіроїдно-сланцеву товщу берлебашської свити, Ця товща складена головним чином слюдистими сланцями, порфіроїдами, туфоїдами, туффітоїдами, туффітоїдами і плагіогнейсами, утворюючи осадово-вулканогенний комплекс у розрізі берлебашської свити. Характерно, що інтенсивність середньокислого вулканізму в межах Мармароського масиву збільшується в напрямку із заходу на схід.

Основний вулканізм в ефузивній та інтрузивній фаціях повторився в пізніший, силур-девонський, час у період утворення мегурської свити. Ця свита, визначена як кварцито-сланцева, містить у підпорядкованій кількості

епідотові амфіболіти вулканічного походження. Вони утворюють узгоджувальні та січні дайкоподібні тіла; приурочені до синклінальних структур. На думку А.К.Бойка, до цього ж генетичного комплексу слід віднести амфіболіти, що утворені по габро-діабазах і приурочені до вузьких зон, що перетинають свити метаморфічного комплексу, які контролюються протяжними розривними порушеннями. Вулканічними утвореннями мегурської свити та генетично пов'язаними з ними субвулканічними інтрузіями закінчується магматизм власне геосинклінального етапу розвитку каледоно-герцинського циклу на території Мармароського кристалічного масиву.

Висхідні рухи, що намітилися в девоні, ознаменували початок орогенного етапу розвитку стародавньої геосинклінали. Епоха загальної інверсії в окремих місцях масиву супроводжувалася впровадженням соскладчастих гранітоїдів ранньокам'яновугільного віку. До групи соскладчастих гранітоїдів належать ортогнейси менчульського типу. Поряд із великими штокоподібними тілами розвинені дрібні гіпабісальні та жильні утворення порфірової структури. З ортогнейсами менчульського типу пов'язане ороговикування вміщувальних порід, виражене новоутвореннями слюди, гранату й окремнінням. Хімічний склад ортогнейсів схожий зі складом гранітів-гранодіоритів. Розвиток кислого інтрузивного магматизму тривав у гірській споруді, що зростала. У середньому карбоні відбувалося впровадження післяскладчастих інтрузій гнейсо-гранітів типу Рареу - Чорний Див, які проривають породи як найдавнішої білопотокської свити, так і наймолодшої - мегурської. Гнейсо-граніти цього типу складають штокоподібні дещо витягнуті тіла з нечіткими обмеженнями. На контакті інтрузій з породами субстрату спостерігається оторочка мігматитів; частіші прояви приконтактового метаморфізму. Ширина зон ороговикування сягає десятків метрів.

До заключної стадії магматизму орогенного етапу розвитку герцинської геосинклінали слід віднести пермські вулканіти строкатоцвітної вулканогенно-осадової товщі, що були виокремлені Ф.І.Жуковим у межах Мармароського кристалічного масиву, а також ефузивно-туфогенну товщу серед карбонатних і

карбонатно-терригенних порід палеозойського метаморфічного комплексу фундаменту Закарпатського прогину [13]. У межах масиву зазначені вулканіти входять до складу моласоїдних утворень, приурочених до грабеноподібних структур. До нермських вулканітів належать фельзитові кластолави, туфи, туфопісковики з тонкими прошарками кварцових фельзит-порфірів. Хімічний склад кварцових порфірів, фельзит-порфірів та їхніх туфів відповідає складу ліпаритів. Вулканіти належать до вапняно-лужного ряду з підвищеним вмістом натрію.

Пермська вулканічна товща Мармароського масиву і Закарпатського прогину проявилася на тлі стабілізованої палеозойської (герцинської) геосинкліналі, коли плікативна тектоніка змінювалася на брилову з диференційованими рухами блоків за різноспрямованими розломами.

**Основні риси альпійського вулканізму.** Історія альпійського вулканізму Карпатського регіону відображена в розвитку повного тектоно-магматичного циклу магматизмом власне геосинклінального та орогенного періодів. Прояв вулканізму ранньогосинклінального періоду розпочався з ранньої - середньої юри одночасно із закладенням внутрішньої евгеосинклінальної зони Карпат. Вулканічна активність цього періоду контролювалася двома мобільними зонами, що обмежують евгеосинклінальний прогин. Північна зона - межа ев- і міогосинклінального прогинів, у межах якої сформувалися Мармароська і Пенінська структурно-фаціальні зони (Закарпатський глибинний розлом), а також частина флішового трогу - Рахівська і Поркулецька зони. Серед перелічених структурно-фаціальних зон північного мобільного борту евгеосинкліналі Мармароська структурно-фаціальна зона в період геосинклінального розвитку магматично була найбільш активною. Приурочені до цієї зони вулканічні утворення характеризують магматизм геосинклінального етапу. У зв'язку з цим Мармароська структурно-фаціальна зона набуває особливого значення в локалізації геосинклінального магматизму ранніх і пізніх етапів. Тому в подальшому викладі будемо користуватися терміном "Мармароська мобільна зона" для позначення області

зчленування ев- і міogeосинклінальних ділянок.

Південна Припаннонська мобільна зона є прикордонною між Паннонським масивом і еogeосинклінальним прогином [13]. У Припаннонській мобільній зоні ранньogeосинклінальний вулканізм зафіксовано в окремих блоках переважно у вигляді підводних вивержень базальтової магми, що дала спіліто-діабазову формацію нижньої - верхньої юри. Вулканічні прояви в цій зоні зумовлені тріщинними виливами лав і лавобрекцій та впровадженням субвулканічних утворень у слабokonсолідовані опади під час формування тектонічних швів блокової природи.

Північна вулканічна область пов'язана з формуванням глибоких тектонічних швів на межі ев- і міogeосинклінальної областей. Вулканізм тут супроводжувався розривами сіалічної кори, в яких формувалися породи офіолітового комплексу - гіпербазитова (можливо) і спіліто-діабазова формації юрського - ранньокрейдового віку. Під час подальшого стиснення породи цих формацій були перетворені на тектонічні відторженці та клини, що фіксуються у флішевих частинах покривів.

Подальші спалахи вулканічної активності, супутні інверсійному етапу, відносяться до верхньої крейди і частково до еоцену. Вулканізм цього періоду приурочений до дещо стабілізованих зон раннього закладення, які до вивержень подекуди зазнавали складчастих деформацій, а пізніше зазнали брилових зрушень. Інверсійна епоха вулканізму ознаменувалася локальними малопотужними виверженнями лав, пірокластичного матеріалу підвищеної лужності та формуванням даєк сублужного складу (калієві трахіти). Як і ранньogeосинклінальні утворення, вони приурочені до Припаннонської та Мармароської мобільних зон.

Наступна, міоцен-пліоценова, епоха магматизму відповідає орогенному етапу розвитку Карпатської геосинкліналі. Орогенний етап знаменують інтенсивні тангенціальні деформації стиснення з утворенням складчатонадвигових дислокацій у зовнішній, флішевій, ділянці Карпат і подальшого тектонічного розтягування, яке супроводжувало закладення



внутрішнього моласового прогину (Закарпатського) [13].

Магматизм орогенної стадії найактивніше й найрізноманітніше проявився в межах Закарпатського прогину. Потужні спалахи вулканічної активності, починаючи з баденію і закінчуючи левантином, зумовлені діяльністю великих страто- і моногенних вулканів, що призвело до утворення основної та диференційованої лав, а також пірокластичного матеріалу, тріщинного експлозію липаритової лави, впровадженню диференційованої низки порід гіпабісальних інтрузій, появи широкого спектра субвулканічних порід. Перелічені різнофаціальні групи порід утворюють протяжні вулканічні гряди (Вигорлат-Гутинська гряда, ланцюг похованих вулканів), а також роз'єднані куполи.

Вулканізм орогенного етапу контролюється поздовжніми прикордонними структурами раннього закладення - Припаннонською зоною, Закарпатським глибинним розломом. Крім того, важливу роль у його локалізації відігравали поперечні регіональні розломи, що розділяють внутрішні прогини на окремі частини (чопську, солотвинську та інші за межами Українських Карпат), а також низка розломів у Флішевих Карпатах та прогині, що зумовили блокову будову складчастого фундаменту та неогенової моляси.

Для альпійського вулканізму характерний процес міграції вулканічних центрів, оскільки магнопроникні структурні зони проходили стадії альпійського циклу неодноразово, що й зумовило асинхронність активізації в них вулканізму. Ця асинхронність, виразніше виражена у власне геосинклінальному етапі, в орогенному дещо згладилася.

Зміна форм магматичної активності, фаціальна мінливість і структурне положення, як відомо, є наслідком будови і складу земної кори в районах вулканізму, а також складу магми, що дає початок вулканічним комплексам. Своєю чергою, склад магматичних розплавів залежить від складу первинного мантийного субстрату, тобто від глибини виплавлення і ступеня контамінованості магми коровим матеріалом і асиміляції магмою корової речовини. Врахувати й оцінити роль кожного з названих вище чинників якоюсь

мірою можливо шляхом аналізу петрохімічних матеріалів.

Альпійський вулканізм Українських Карпат змінювався не тільки в часі, а й у просторі, відбиваючи складність розвитку геосинкліналі та її структурну гетерогенність. У міру розвитку геосинклінального прогину змінювався характер вулканічних проявів. Підводний тріщинний вулканізм ранніх стадій розвитку змінився на орогенному етапі переважно острівним вулканізмом центрального типу. Одночасно зі зміною характеру вулканічних проявів змінювався і хімізм вулканічного розплаву. Зазначені зміни з відомою обережністю можна інтерпретувати таким чином.

На ранніх етапах розвитку регіону, починаючи з ранньої юри, виникає фронт вулканічної активності. Це здебільшого глибоководний вулканізм, певною мірою подібний до океанічного. Він пов'язаний з підводними тріщинними виливами і діяльністю окремих підводних вулканів. За петрохімічними особливостями породи, що формуються в цей період (*I<sub>1</sub>-K<sub>1</sub>*), найімовірніше, схожі з вулканітами серединно-океанічних хребтів. Глибина генерації первинного розплаву, якщо проводити аналогію з магноутворенням у сучасних океанічних областях, відповідає глибині приблизно 20-40 км. У цьому варіанті в селективне плавлення втягується шпінелевий лерцоліт із конгруентним плавленням моноклінного піроксену, шпінелі та невеликої кількості граната. Утворений при цьому розплав близький за складом до високоглиноземистого толеїту з досить високим вмістом титану. Рестит при такому процесі в океанічних областях повинен відповідати за мінеральним складом гарцбургіту, тобто перидотиту. Таким чином, магматична диференціація верхньої мантиї, що супроводжувала геосинклінальний розвиток, призводить до утворення лерцоліту.

Подальша структурна еволюція регіону зводиться до трансформації земної кори, збільшення її потужності та зростання ролі в її будові гранітної складової. Глибина зон генерації магми зменшується. Виникають вулканічні серії підвищеної лужності (інверсійний період розвитку). У геологічному розумінні це проявляється в тенденції збільшення концентрації лугів, яку

можна пояснити гібридизацією первинної магми внаслідок розплавлення кислого матеріалу кори або селективної контамінації магми коров'ячим матеріалом.

Орогенний етап характеризується вулканізмом континентального типу і зрілою континентальною корою. Початок вулканізму знаменують виливи основних лав (олівінових базальтоїдів), виникнення яких може бути пов'язане із селективним плавленням піропового або піроп-шпінелевого перидотиту на глибині, яка відповідає, за Ю.М. Шейнманном, приблизно 50-80 км. Переміщення первинного розплаву вгору, у проміжну камеру, розташовану вище за розділ Мохоровичича, призводить до розплавлення корового матеріалу, більш кислого за складом. У зонах із більшою потужністю земної кори й гранітного шару (межа Флішевих Карпат і Закарпатського внутрішнього прогину) вивергалися лави, відносно багаті на кальцій, бідні на магній, луги, хром, нікель, що належать до гіперстеневих серій. У зоні з малопотужною корою (Закарпатський внутрішній прогин, Припанноньська зона) формувалися більш лужні залізисті лави, що наближаються до піжонітових серій.

Генерація ліпаритової магми (ліпаритової формації) пов'язана з надходженням теплових потоків у гранітний шар кори і його розплавленням у зонах із малою потужністю кори (20-25 км) і мафічного шару.

Ув'язуючи наведені матеріали з даними про історію розвитку басейну, констатуємо, що початок розвитку басейну зумовлений розсувом континентальної кори і подальшим розсувом її відокремлених частин. У процесі розсування окремих частин континентальної кори було розкрито меланократовий фундамент. У пізній юрі та ранній крейді відбуваються розриви й розтягування на глибинніших рівнях, у зв'язку з чим починаються виливи базальтоїдів (спіліто-діабазова формація). Однак відсутність вулканітів океанічного чохла - смугастого (Пауеге4) комплексу та налягання юрських осадових порід безпосередньо на меланократовий фундамент, відсутність комплексу паралельних даєк свідчать про те, що розрив локалізувався в корі, не досягаючи рівня астеносфери. Відбувалися зриви і зсуви континентальної кори

за розділом Мохоровичича (або Конрада). Це визначило млявий вулканізм у періоди активізації геосинклінального розвитку та амагматичність власне міогеосинклінального прогину. Імовірно, цьому сприяла і загальна обстановка стиснення, що перманентно існувала в епоху флішенационення в Карпатах.

Процес стиснення, що різко посилив інверсію, набув подальшого розвитку на початку неогену (початок орогенного етапу) і супроводжувався періодом вулканічного спокою. У підсумку сформувалася потужна континентальна кора [13].

Подальша структурна трансформація регіону виникла в основну карпатську фазу складчастості, після якої в обстановці настання нових горизонтальних розтягувань земної кори відбуваються потужні виверження в межах Закарпатського прогину [13]. Вулканізм Закарпатського прогину приурочений до внутрішньоматерикових орогенів і, на відміну від орогенних структур, що облямовують океанічні западини, формувався в літосфері зрілого типу з потужною сіалічною корою - гранітно-метаморфічним шаром. Фундаментом вулканітів цих серій були дислоковані свити попереднього геосинклінального етапу розвитку. Поява великих мас диференційованих порід пов'язана здебільшого з вулканічно-тектонічними депресіями, що свідчить про засвоєння великих об'ємів корової сіалічної речовини магмою і про винесення її на поверхню при виверженнях.

**Метаморфізм Закарпатського прогину.** Вивчена частина розрізу палеозойського фундаменту прогину складена карбонатно-сланцевою свитою, в якій виокремлено нижню - карбонатну, середню - вулканогенно-сланцеву і верхню - карбонатно-сланцеву товщі. Виділені товщі утворюють безперервний розріз, відображаючи зміну умов осадконакопичення в єдиному безперервному седиментаційному циклі. Цей метаморфічний комплекс розкрито свердловинами в чопській частині Закарпатського прогину під відкладеннями мезозою та неогену (райони м.р. Ужгород, м.Чоп, с. Велика Добронь) [13].

Карбонатна товща складається з мармуризованих вапняків з гніздами і лінзами кварциту, і прошарками кварц-слюдистих сланців. Вулканогенно-



сланцева товща складається з експлозій кварцових порфірів, що перемежуються з польовошпат-кварц-людистими, польовошпат-кварцовими і кварц-хлоритовими сланцями по туфах, туффітах і глинистих породах. Карбонатно-сланцева товща представлена слюдистими, слюдисто-карбонатними і карбонатними сланцями, що перешаровуються, та містять гнізда кварцу і кварциту.

Ці мінеральні асоціації відповідають кварц-альбіт-мусковіт-хлоритовій субфації фації зелених сланців.

Вік метаморфічних порід фундаменту Закарпатського прогину точно не встановлений і, ймовірно, нагромадження первинних порід відноситься до пізнього палеозою - кам'яновугільно-пермського часу.

Ступінь метаморфізму порід палеозою різко відрізняє їх від оточуючих і контактуючих з ними нижньомезозойських порід, віднесених до середнього - верхнього тріасу і юри. Отже, можна припустити домезозойський метаморфізм кристалічних порід фундаменту Закарпатського прогину.

**Контактовий метаморфізм.** Контактково-метаморфічні перетворення пов'язані з гіпабісальним комплексом орогенного вулканізму. Найповніше контактний метаморфізм вивчено у Вишківському районі (Припаннонська зона), де простежено інтрузивні контакти на великих відстанях. Породами, що вміщують інтрузії, у цьому районі є туфо-генно-осадові відкладення, які складаються з аргілітів, алевролітів і плагіоліпаритових туфів. Різні стадійні похідні гіпабісального комплексу зумовлюють різні ступені контактового метаморфізму.

У безпосередньому зв'язку з інтрузіями першої стадії (габро-діабазами і габро-порфіритами) перебувають високотемпературні кварц-піроксен-полевошпатові роговики, які супроводжують усі без винятку виходи цих порід. Перехід кварц-піроксен-полівошпатових роговиків у звичайні осадові породи чіткий і відбувається без зміни високотемпературних мінеральних асоціацій низькотемпературними. Потужність роговикових зон залежить від величини інтродованих тіл і коливається в межах десятків метрів, підкоряючись такій

закономірності - збільшенню потужності роговикових зон із глибиною їх утворення.

Мінеральний склад кварц-піроксен-полевошпатових роговиків відповідає мінеральній асоціації високотемпературної піроксен-роговикової фації контактового метаморфізму.

Габро-діабази й габро-порфірити, що контактують із карбонатними породами й основними ефузивами спілітового ряду, утворюють у зонах ендо- й екзоконтактів піроксен-гранатові скарни (Берегівський район). Потужність зон скарнування не визначена. Треба думати, що фізичні умови утворення високотемпературних скарнів відповідають фізичним параметрам піроксен-роговикової фації.

Інший тип ороговикування спостерігається на контакті інтрузій другої стадії: діорит-порфіритів і кварцових діорит-порфіритів. Тут розвинені кварц-амфібол-польовошпатові роговики. Вони характеризуються мінливою потужністю (десятки сантиметрів - десятки метрів), неповною перекристалізацією в деякому віддаленні від контакту з інтрузивом. Мінеральний склад кварц-амфібол-польовошпатових роговиків відповідає середньотемпературній роговообманково-роговиковій фації контактового метаморфізму.

Фізичні умови метаморфізму роговообманково-роговикової фації, на відміну від піроксен-роговикової, характеризуються нижчою температурою та вищим тиском. Можна припустити, що збільшення тиску під час реакцій метаморфізму в умовах малих глибин відбувається за рахунок парціального тиску - тиску флюїдів, якими більш збагачена магма середнього складу порівняно з магмою основного складу.

Таким чином, габро-діабази та габро-порфірити (перша стадія) зумовлюють метаморфізм високотемпературної піроксен-роговикової фації; діорит-порфірити (друга стадія) спричиняють метаморфізм середньотемпературної рогово-обманково-роговикової фації; гранодіорит-порфіри та лейкократові породи (третя та четверта стадії) не супроводжуються

контактовими впливами на вміщуючі породи, за винятком незначного їхнього ущільнення.

**Геосинклінальний етап розвитку Закарпатського прогину.** У Закарпатському прогині початок геосинклінального розвитку пов'язаний із ранньоярською тектонічною активізацією, утворенням вузьких западин і піднятих.

Диференційовані рухи, міграція центрів активізації, пов'язані, імовірно, з процесом розтягування земної кори, що розпочався, сприяли розвитку ранньо- і пізньоярського спіліто-діабазового вулканізму. Вулканічні утворення прогину тісно асоціюють з опадонакопиченням, утворюючи єдину вулканогенно-осадову товщу, теригенні частини якої схильні до регіональної філітизації. Повільне прогинання тривало до кінця крейдяного періоду. Активізація пізньокрейдових рухів супроводжувалася виливами трахітів і калієвих спілітів. Ларамійська фаза проявилася загальною інверсією регіону в палеоцені - ранньому еоцені та формуванням блоково-надвигової структури фундаменту прогину. Потім у середньому еоцені ця область знову втягується в занурення, яке наприкінці олігоцену змінилося континентальною перервою, що охопила і початок міоценової епохи.

**Орогенний етап.** Початком інверсії та покривоутворення в Карпатській геосинклінальній ділянці можна вважати піренейську фазу, що проявилася лише в зоні Пенінських стрімчаків і, можливо, в Магурській [13]. До цього ж періоду належить початок диференціації вертикальних рухів, що зумовило прояв магматизму інверсійної стадії (спілітизовані лави й туфобрекчії зони Мармароських стрімчаків). Мармароський пояс і флішевий трог зазнавали в цей час занурення. Початок інверсії зумовлений тут рухами савської, а потім штирійської фаз тектогенезу.

У Закарпатському прогині із савською фазою пов'язане завершення процесу формування блокової структури донеогенового фундаменту. Початок формування міоценових молас (егер (?) - егенбургій) зумовлений тут проявом штирійської фази тектогенезу. Він супроводжувався інтенсивною вулканічною

діяльністю. Потім послідував період стійкого прогинання, що супроводжувався диференційованими блоковими рухами. Накопичення крейдових нормально-морських глинистих і піщаноглинистих, іноді хомогенних, а потім озерно-болотних вугленосних відкладень тривало з незначними перервами до кінця пліоцену. Воно супроводжувалося у внутрішніх частинах басейну потужними виверженнями основних лав та їхніх туфів, утворенням на півдні прогину ланцюга підводних вулканів, на півночі - наземної вулканогенної гряди. На завершальних етапах міоценової епохи у внутрішніх частинах регіону відбувається впровадження інтрузій середньокислого складу гіпабісального комплексу[13]. .

## 2.2. Геологічна будова Солотвинської западин.

Геологічна будова западини представлена на геологічному розрізі [8] (рис. 2.2). Донеогеновий фундамент Солотвинської западини (басейну) складений мезозойським і палеогеновим структурними рівнями з насувною будовою. Найбільш древні породи, які перебудовані розвідувальними свердловинами, це – триасові та юрські відкладення.

Крейдані відклади представлені карбонатно-теригенним комплексом.

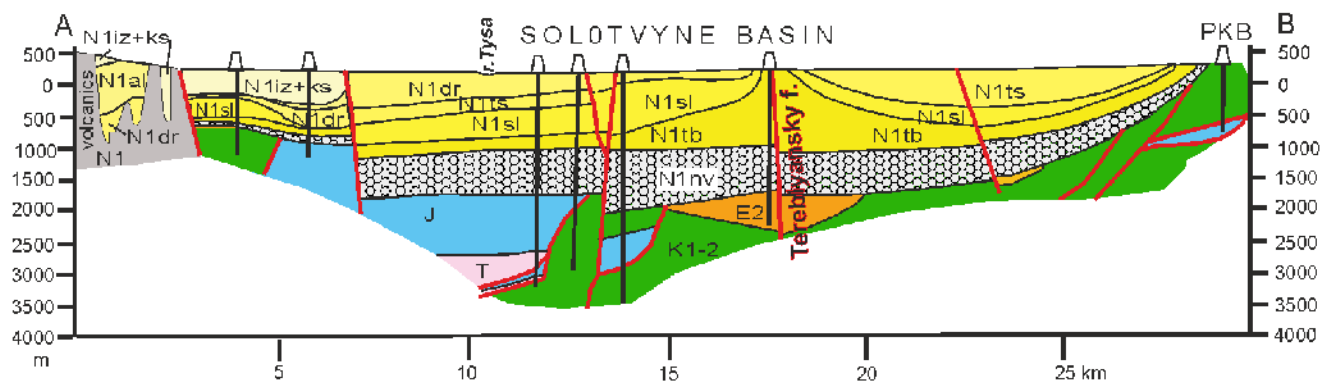


Рисунок 2.2. - Геологічний розріз Солотвинської западини за літературними джерелами [7, 8].



Палеогенові відклади складаються з теригенних турбідитових утворень. Неогенові відклади западини вирізняються фаціальним різноманіттям: уламкові породи, хемогенні відклади та вулканокластичні породи.

Неогеновий комплекс порід складають кілька світ, які описані нижче в порядку від самих древніх до самих молодих згідно літературних даних [7, 8].

Найдавніші породи міоцену на геологічному розрізі - нижньобаденські відклади новоселицької свити ( $N_{inv}$ ) потужністю 300-900 м, складені переважно дацитовими і дацит-ліпаритовими туфами з прошарками туфів, туфопісковиків і аргілітів.

Новоселицька світа перекривається Тереблянською ( $N_{itb}$ ) (до 300 м), яка має нижню і верхню частину. Нижня частина представлена з піщаних глин з прошарками пісковиків, алевролітів, туфів і туфітів. Верхня складається з соленосних порід з прошарками глини.

Вище залягають Середньобаденські відклади, які представлені теригенною Солотвинською ( $N_{isl}$ ) і Тересвинською світою ( $N_{its}$ ). Солотвинську світу формують аргіліти, пісковики, алевроліти з прошарками туфів. Тересвинська світа складена аргілітами, пісковиками, алевролітами з прошарками конгломератів і з горизонтом ліпарит-дацитових туфів у підшві.

Вище залягають Сарматські відклади Доробратівської свити ( $N_{idr}$ ), які складені аргілітами, пісковиками і конгломератами, а також пісковиками і туфами Луківського і Алмашьського.

Панонські відклади ізівською та кошелівської світ міоцену ( $N_{iz-ks}$ ) представлені переважно глинами, пісковиками, алевролітами, вугілля з лінзами конгломератів та прошарками мергелів та туфітів.

Вулканічний хребет Вигорлат Гута складений базальтами, андезитами та їх туфами.

Основні тектонічні структури центральної частини западини це Данилово-Тереблінська та Солотвинсько-Тячівська антиклиналі. В ядерні частині цих структур виходять відкладення Тереблінської та Солотвинської світ, які часто проривають соляні діапіри. Сіль місцями виходить на поверхню (сmt

Солотвино), або перекрита тільки четвертинними покладами (села Олександрово, Данилово, Теребля).

Довжина антиклінальних структур складає 42-45 км (Данилово-Тереблинська) і 32-35 км (Солотвинсько-Тячівська). Серединні частини антиклінальних структур часто прорвані розломами, простягання яких частіше повздожне (північно-західне).

На сході западини розташована Водицька синкліналь, в ядрі якої спостерігаються відклади нижнього сармату -Доробратівська світа.

Простір між антиклінальними структурами займають брахіподібні синклінали, кути падіння крил яких різко зростають при наближенні до соляних діапирів та криптодіапирів.

В крайовій північно-східній частині Солотвинської западини залягання порід моноклінальне і змінюється в південно-західному напрямі з 30-40° (іноді до 80°) на краю западини до 15-5° з віддаленням від її краю.

З південно-західного краю Солотвинська западина обмежується зоною Припанонського розлому. В цій зоні фундамент по серії повздожних розломів в долині річки Тиса піднятий на 1,1км, і розріз неогенових сіт різко зменшений.

Зона насичена штоками інтрузивів основного та помірнокислого складу, під які підвертаються шари осадових порід при загальному їх падінні на південний захід .

Найбільш ранні вертикальні тектонічні рухи у фундаменті западини зафіксовані в пізньому палеозої. Пізніше ці рухи відмічаються в тріасі - палеогені .

Однак на геологічних картах розломи систем північно-західного і північно-східного простягання зміщують неогенові відклади [8, 9].

Тектонічні особливості Солотвинської западин визначаються також Пієнінською зоною стрімчаків, яка на північному сході простежується вздовж краю прогину і частково занурена під нього.

Загальний обрис цієї зони формують різні за розміром і розділені одна від одної скелі та глиби тріасових, юрських і неокомських вапняків, “пудингових” пісковиків та зрідка вулканічних утворень, які знаходяться в строкатобарвних мергелях нижньої і верхньої крейди, а також потужна (понад 500 м) піщано-глиниста товща Вульшавської світи еоцену.

Найнижчу ланку крейдового розрізу (неоком) складають шаруваті ясно-сірі пелітоморфні вапняки з включеннями чорних конкрецій кременів та прошарками зелених і чорних аргілітів Свалявської світи товщиною 80–120 м. Тісальська світа згідно перекриває свалявську і представлена сірими та чорними вапняками, чорними фукоїдними мергелями та темно-сірими аргілітами. Останні ближче до покрівлі мають строкате забарвлення. Товщина світи – 60–100 м.

Відклади верхньої крейди збудовані червоними, плямистими зеленуватими і темно-сірими мергелями з незначними прошарками зеленувато-сірих алевролітів та ще менше окремих лінзоподібних включень різнозернистих пісковиків і гравелітів загальною товщиною 90–140 м.

Завершує розріз верхньої крейди пачка (30–50 м) перешарування зеленувато-сірих алевролітів, пісковиків і аргілітів Ярмутської світи.

У межах України Пієнінська зона простежується від кордону зі Словаччиною до долини р. Тересва. У межиріччі Боржави і Тересви її відклади розкриті глибокими свердловинами під міоценовим чохлам на відстані 2–3 км від краю прогину.

За останніми даними Пієнінську зону встановлено в південній прибортовій частині Закарпатського прогину (ділянка Вишкове–Хуст–Виноградів), яка далі простежується на території Угорщини.

В Мукачівській западині між Перечином та Приборжавським, вона перекривається вулканічними породами Вигорлат-Гутинського пасма.

На південний схід від р. Тересва до Водицько-Великобичківського поперечного розлому міоценовий комплекс Солотвинської западини незгідно

залягає на палеогенових відкладах Шопурського флішу. Ця структура має назву Великобичківська зона і відноситься до елементу фундаменту.

Шопурський фліш, товщиною понад 1000 м, складений ритмічним перешаруванням зеленуватосірих та червоних аргілітів, алевролітів, пісковиків і мергелів з поодинокими горизонтами зеленувато-білих туфів.

У середній частині розрізу спостерігаються сірі різнозерністі пісковики і конгломерати потужністю 50-100 м.

Вище флішу залягають олігоценові відклади. В нижній частині вони представлені чорними аргілітами з прошарками алевролітів, пісковиків і мергелів. Верхня частина складена переважно сірими пісковиками.

На схід від Водицько-Великобичківського порушення відклади шопурського флішу переходять на територію Румунії, де беруть участь у будові основи фундаменту Марамурської частини Закарпатського прогину. Палеогенові відклади представлені тут тектонічними лусками, які об'єднай у великі покриви – Ботіза і Лепуш



### 3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБРОБКИ ГЕОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

У процесі вивчення геологічної будови Закарпатського прогину та Солтвинської западини проводився аналіз літературних джерел останніх років з геологічної будови, тектоніки регіону, з його магматизму та вулканізмучного розвитку у часі. Вивчалися картографічні моделі геологічної будови та будувалися варіанти схем та карт, які враховували останні теорії і наукові досягнення.

Вивчення гірських порід на площі досліджень виконувалася за класичною схемою:

- назва гірської породи;
- колір породи на свіжому сколі і виветрілій поверхні;
- структура породи (розмір компонентів, з яких складається порода, рівномірність зернистості в уламкових порід, ступінь сортування, форма зерен чи інших компонентів породи, ступінь окатаності, ізометричності чи подовженості, сплюсненості, зміна структури породи по розрізу);
- текстура (різні типи шаруватості, підводнозсувні текстури, текстури взмучування, конкреційна текстура та інші);
- склад уламкових порід (окремо склад уламків і склад цементу);
- міцність і пористість породи і виразність її у мікрорельєфі;
- включення -конкреції, рідкі гальки, рослинний детрит та інше;
- вторинні зміни - тріщинуватість, кліваж, сланцюватість, перекристалізація, окислювання, гідратація, окремніння, карбонатизація, розкладання польових шпатів та інше;
- взаємовідносини з породами, що залягають вище і нижче;
- потужність пластів та шарів, прошарків;
- палеонтологічні залишки, в кількісному відношенні та по видам;
- виіри залягання шарів породи.

При дослідженні розривних дислокацій – дрібних розривів, різного генезису тріщин вивчалася:

1) вік, склад, будова і характер залягання порід, у яких дислокації спостерігалися;

2) ознаки, за якими вони встановлені - площини зміщувачів, наявність тектонічних брекчій, зон дроблень, розсланцювання, окварцювання і озалізнєння порід, ознаки переміщень крил та їх напрями за реперними структурами, зміни характеру залягання порід у крилах, інтенсивність тріщинуватості;

3) будова зміщувача – одна площина зриву чи кілька, наявність дзеркал ковзання та борозен ковзання на них, наявність брекчій тертя чи катаклазиту, мілоніту. Особлива увага приділялася дзеркалама ковзання розривних порушень та тектонічним тріщинам – борозни та штрихи ковзання, зміщення реперних структур ( прошарків порід, жил, тріщин), напрям і форми вигинів пластів порід поблизу розривних порушень;

4) виміри елементів залягання розривних порушень та тектонічних тріщин - азимут простягання, падіння і кут падіння.

5) співвідношення розлому (зміщувача) та тектонічних тріщин з заляганням вміщуючих порід;

6) морфологічні типи розривних порушень та кінематичні типи тектонічних тріщин - скидовий, підкидовий, насув чи проміжні, наприклад скидо-зсувні

Особливі тектонофізичні дослідження виконувалися з визначенням наступних питань:

- визначення розривних структур сколового та відривного типів,
- детальне вивчення зміщувачів розривних дислокацій та слідів ковзання на дзеркалах сколів,
- масове вимірювання не тільки елементів залягання дзеркал а і елементів залягання штрихів та борозен на їх площинах.

Виконувався збір польових структурно-тектонічних даних по точкам спостережень та по ділянкам досліджень – умови залягання та виміри

елементів залягання шарів різних гірських порід, розривних та складчастих порушень.

Визначалися такі форми прояви розривних дислокацій як: глинка тертя, тектонічна брекчія, системи дзеркал ковзання, тектонічна розсланцюватість та наявність її різних ситем.

У відслонення також згідно методики Гінтова О.Б. визначалися структурні парагенезиси розривних структур, які формуються в одному полі напружень [14] (рис. 3.1).

Приклади використання моделі Гінтова при дослідженнях на ділянках Солотвинської западини показані на рисунках 3.2 - 3.3.

Для визначення систем розривних дислокацій за масовими вимірами їх елементів залягання використовувався модуль **ROSE DIAGRAMS** програми «*Fabric-8*», який дозволяв побудувати троянду діаграму простягань або падінь розривних дислокацій з визначенням переважаючих їх напрямків на площі досліджень. Підготовка даних для роботи в цій програмі виконувалася в програмі *Excel*. Вихідними даними були азимути падіння, кути падіння та

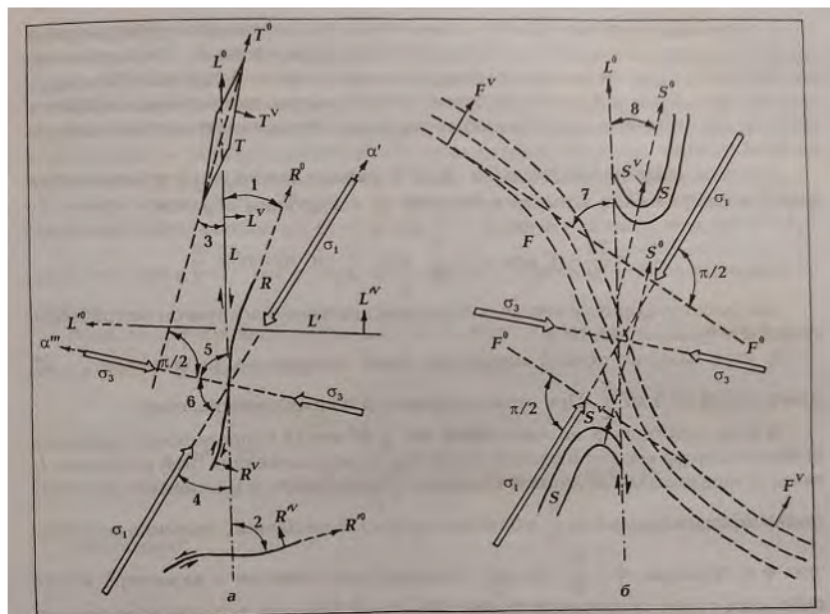


Рисунок 3.1. - Модель Гінтова для визначення парагенезису структур сколів (L, R, R') та відривів (T) і напрямків стиснення та розтягання





Рисунок 3.2. - Приклад визначення напрямків стиснення та розтягнення в туфах  
 дялянки № 1 по парагенезису R та R'-сколів

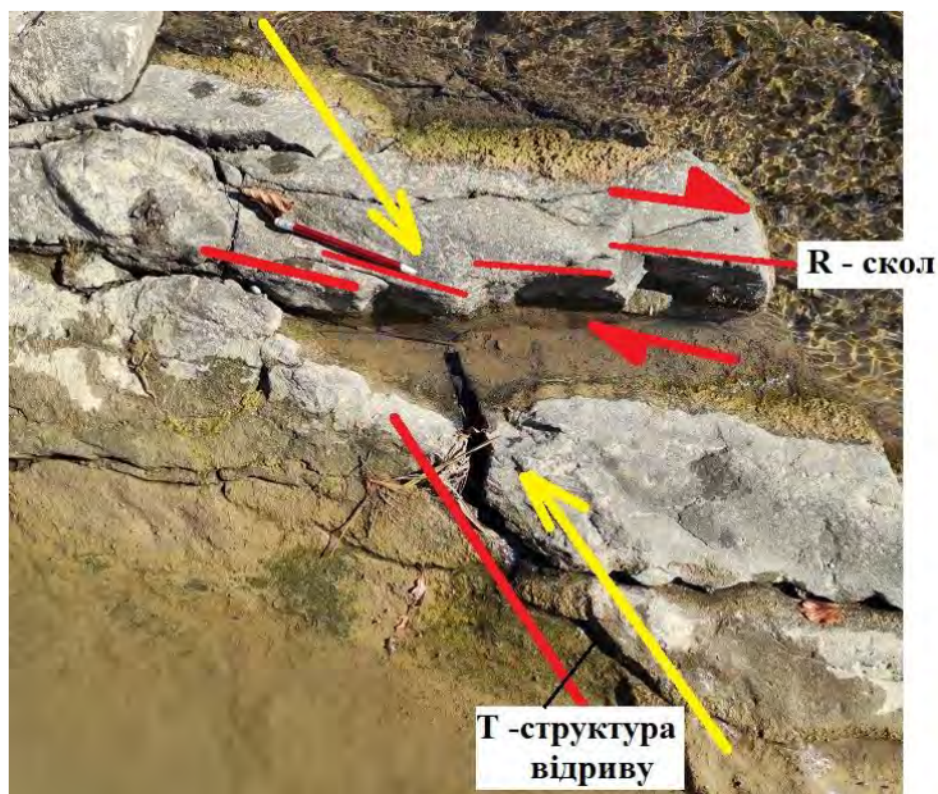


Рисунок 3.3. - Приклад визначення напрямку стиснення в алевролітах дялянки  
 № 3 по парагенезису структур відриву Т та R-сколів



азимуту простягання розривних структур, які заводилися у три відповідні колонки листа *Excel* – *A, B, C*.

Реконструкція полів палеонапружень виконувалася в програмі «Win Tensor» яка базується на принципах «правої дігетри» розроблених Angelier, J [15]. Сама програма розроблена дослідниками Devlaux, D., Sperner, B. [16]. Метод названий кінематичним тектонофізичним аналізом

Вихідний файл формується в самій програмі і складається з наступних даних: 1) азимут падіння розриву, 2) кут падіння розриву, 3) азимут падіння борозни або штриха ковзання да дзеркалі розриву, 4) кутпадіння борозни або штриха, 5) кінематичний тип преміщення крил – скид чи підкид, 6) надійність визначення кінематичного типу переміщень крил – точно встановлено, або сумнівне.

Кінематичний тип переміщень крил розривів визначається в польових умовах за кількома ознаками – принципом гладкості, принципом визначення напрямку зтоніння штриха або борозни, наявністю і орієнтацію трикутників викришування, уступами на дзеркалі по жильному заповненню.

Програма «Win Tensor» дає можливість зберігати інформацію про координати точок спостережень, дати досліджень, назви регіонів, номерів точок спостережень, видів відслонень.

Також програма автоматично дозволяє з загальної сукупності даних виділити однорідні вибірки (одного кінематичного типу -скидові або підкидові, або зсвувні, і одного віку закладання).

Програма також автоматично дає оцінку якості реконструкцій полів палеонапружень (ступінь достовірності).

Кінцевий результата роботи програми це вікно з стереграмою поля напружень з позначками на ній положень головних нормальних осей напружень і вікнами інструментів, якими можна мінять форми відображення площин розривів, проекцій (на верхню чи нижню півсферу), гісторамм, які відображають ступінь однорідності виборки та інше.

Кінцевий результат роботи програми показаний на рисунку 3.4.

При інтепретації стереограми поля палеонапружень та визначення кінематичного типу поля напружень у випадку проєкції на верхню півсферу (що прийнято в представлєній роботі) треба приймати до уваги розташування осей напружень відносно контуру стереограми та її центра.

Так коли вісь стиснення **S1** розташована біля центру стереограми, а вісь розтягнення **S3** – на відстані від контуру менше 30°, маємо скидовий тип поля. Якщо вісь розтягнення **S3** розташована біля центру стереограми, вісь стиснення **S1** - на відстані від контуру менше 30°, маємо підкидовий тип поля. У випадку коли обидві вісі стиснення **S1** і розтягнення **S3** розташовані на відстані від контуру менше 30°, або біля самого контуру, то маємо зсувне поле. В інших випадках можуть бути проміжні типи полів паленапружень – скидо-зсувні, або підкидо-зсувні. В прикладі, яки відображений на рисунку 3.4, маємо зсувне поле з північно-західним стисненням та північно-східним напрямом розтягнення.

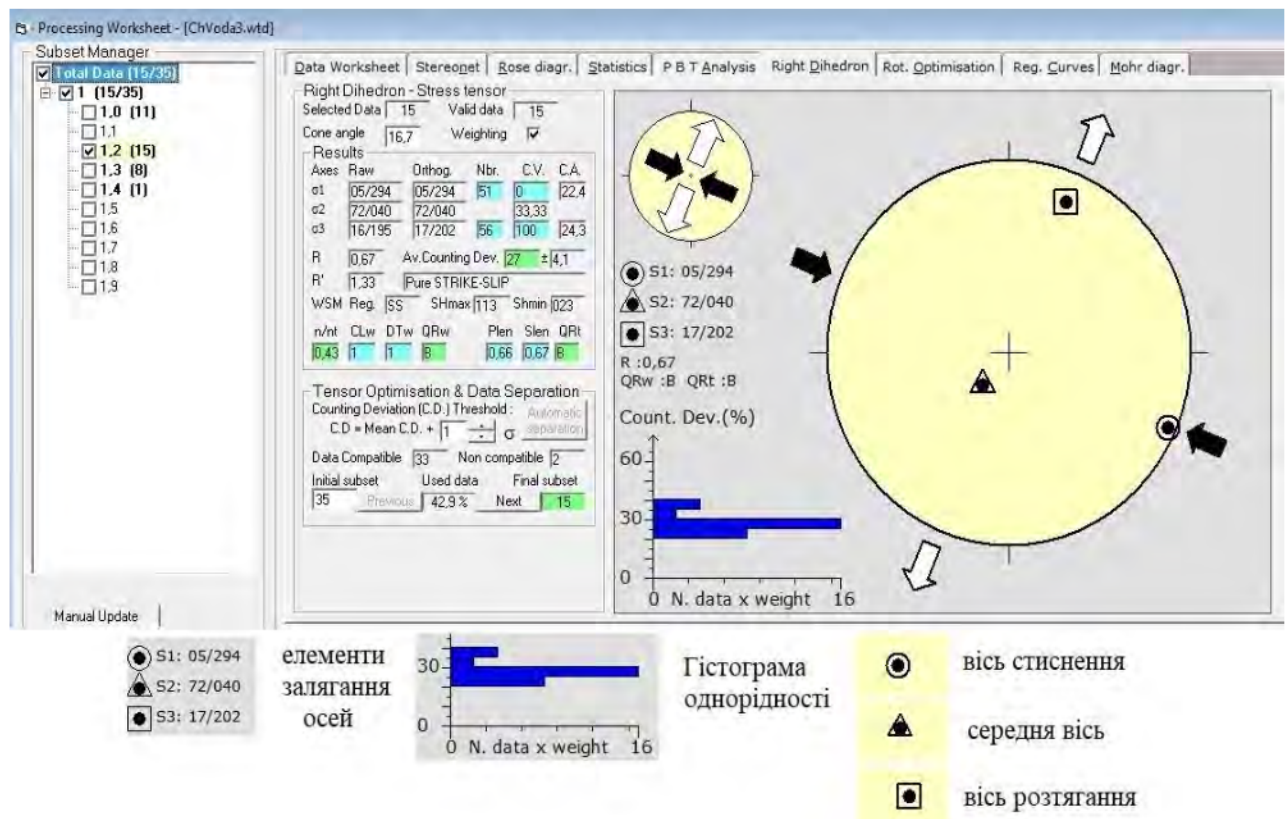


Рисунок 3.4. - Вікно результату реконструкції поля палеонапружень в програмі «Win Tensor»

## 4 СТРУКТУРНО-ТЕКТОНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА КОРИСНІ КОПАЛИНИ СОЛОТВИНСЬКОЇ ЗАПАДИНИ

### 4.1. Системи розривних і складчастих дислокацій та їх умови формування

Детальні дослідження розривних і складчастих дислокацій виконувалися на трьох ділянках Солотвинської западини (див. рис. 1.1). Основні результати цих досліджень автором опубліковані (у співавторстві) в тезах міжнародної конференції в Італії [17].

Перша ділянка була розташована у басейні річки Тячівець на північній околиці села Лази. На цій ділянці були досліджені тектонічні тріщини з дзеркалами ковзання та розривні порушення системи Тереслінського розлому (6 відслонень, понад 100 розривних структур).

Породи ділянки представлені пеліто-псамітовими туфами Тереслінської світи ріо-дацитового складу (*N<sub>1ts</sub>*). Туфи на всіх пунктах спостережень інтенсивно тектонізовані. На ділянці спостерігаються численні розривні порушення (рис. 4.1).



Рисунок 4.1.- Взаємовідносини круто падаючих і похилих розривних порушень в туфах Тереслінської світи (*N<sub>1ts</sub>*)



Спостерігалися у великій кількості тектонічні тріщини з борознами та штрихами на дзеркалах ковзання (рис. 4.2).



Рисунок 4. 2.- Штрихи і борозни (червоні стрілки) на дзеркалі тектонічної тріщини, які вказують на кінематичний тип дислокації правого скидо-зсуву.

Зони розломів були виражені дробленням та розсланцюванням порід, у шовних зонах розривних порушень спостерігалися тектонічні брекчії (рис. 4.3).

Дослідження дзеркал ковзання показали, що розривні дислокації мали ознаки повторних активізацій після формування цих структур. Ознаками таких процесів було накладання борозен різних кінематичних типів одну на одну на одних і тих же площинах розривних структур. Наприклад на скидові типи накладались скидо-зсувні і чисто зсувні борозни і штрихи. При цьому збереженість останніх була краща і кількість їх була значно більша. Це вказувало на на молодший вік зсувних деформацій по тектонічним розривним структурам.



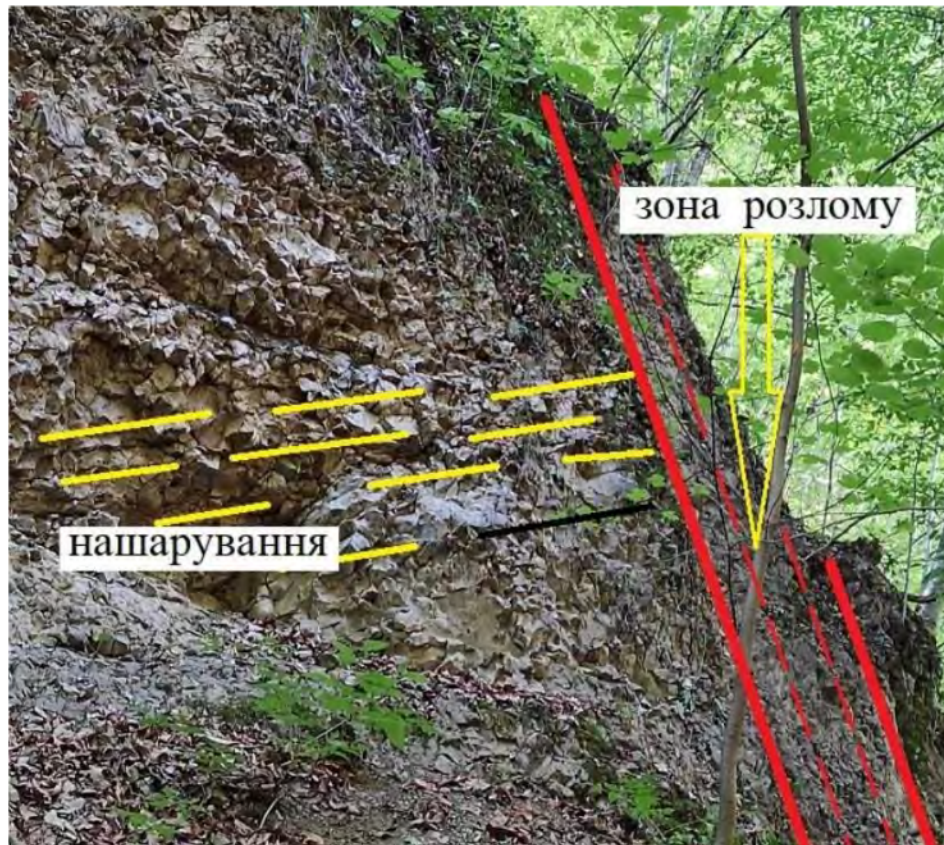


Рисунок 4. 3.- Крутопадаюча розломна зона з брекчією туфів Тересвинської світи ( $N_{1ts}$ )

В зоні головного розлому ділянки - Терєблінського розлому північно-східного простягання структурно-тектонічними методами в комплексі з двома тектонофізичними методами (кінематичним та структурно-парагенетичним) були досліджені форми проявів вторинних структур – сколів різного типу та морфології їх дзеркал ковзання з вимірами елементів залягання, як самих сколів так і борозен та штрихів на їх дзеркалах ковзання.

Проведені структурно-тектонічні та тектонофізичні дослідження на ділянці відслонення розлому дозволили встановити умови залягання шовних зон розлому та поля палеонапружень, у яких розлом закладався та розвивався. Сколи шовної зони головного розлому – L-сколи, які паралельні його шовній зоні, мають північно-західне простягання із крутим падінням на південний захід (рис. 4. 4).



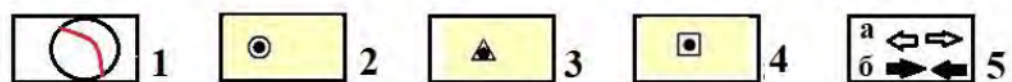
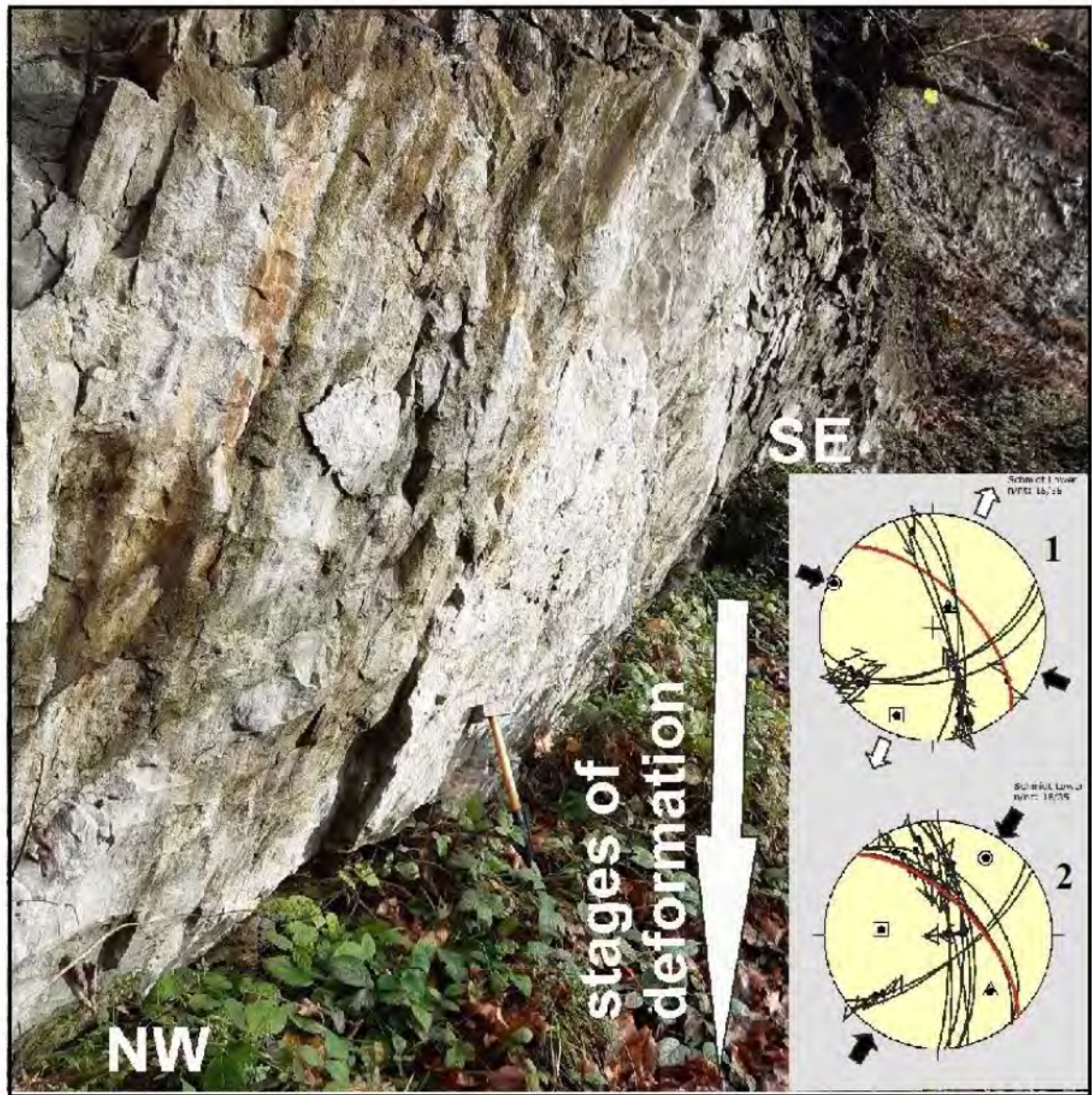


Рисунок 4. 4.- Терблінський розлом та поля палеонапружень в розломній зоні  
 Стреограми полів на рисунку: 1 – поле палеонапружень зсувного типу, 2 – поле  
 палеонапружень скидо-зсувного типу;

Умовні під рисунком: 1 – стереопроєкція розлому; 2 – вісь стиснення;  
 3 – середня вісь; 4 – вісь розтягнення; 5 – напрями загального розтягнення  
 масиву (а), загального стиснення масиву (б)

Вивчення напрямів борозен на дзеркалах ковзання зони L-сколів дозволило розділити їх на дві групи, які відрізняються відносним віком та кінематичним типом - скидо-зсувні та чисті зсувні.

З використанням методики кінематичного аналізу J. Angelier [15] та комп'ютерної програми «Win-Tensor» [16] за даними елементів залягання великої кількості тектонічних тріщин зони розлому та борозен ковзання на їх дзеркалах проведено реконструкцію полів палеонапружень.

За результатами реконструкцій в програмі «Win-Tensor» було підтверджено два кінематичні типи полів – скидо-зсувний і зсувний. У першому полі Теремблінський розлом закладався за кінематичним типом правого скидо-зсуву з північно-східним напрямом осі стиснення (рис. 4.4, стереограма 2). Вік цього поля припускається найбільш старий. Для підтвердження наявності правого скидо-зсуву по шовній зоні розлому кінематичний аналіз був доповнений методом структурно-парагенетичного аналізу за співвідношенням у просторі L-сколу і R-сколів (рис. 4.5) . Як видно з рисунку метод підтвердив складову правого зсуву в напрямі переміщень крил розлому.

У другому молодшому полі розлом розвивався як чистий лівий зсув із віссю стиснення у північно-західному напрямку, а віссю розтягування на хрест Солотвинського прогину (Рис. 4.4, стереограма 1).

Дуже характерно, що перше поле встановлено тільки в зоні Теремблінського розлому, а друге поле спостерігається і на значній відстані від розлому на кількох точках спостережень ділянки.

За свіжістю зсувних борозен на дзеркалах і широкому поширенню їх на ділянці зсувне поле можна віднести до наймолодших, а скидо-зсувне до більш давніх. Зсувне поле з розтягуванням у північно-східному напрямі найбільше сприятливо для міграції в зоні головного розлому до денної поверхні мінеральних вод та розвитку соляного діапїризму. На ділянці досліджень саме до головного розлому приурочені джерела сірководневих вод, які





Рисунок 4. 5.- Складова правого зсуву по L-сколу (шовна зона) Терєблинського розлому за результатами структурно-парагенетичного аналізу

використовуються в лікувальних цілях. Також тут відомі криптодіапіри солі – діапіри, які не виходять до денної поверхні.

Також на ділянці № 1 встановлена синклінальна складка, вздовж шарніра якої закладалася ущелина (рис. 4.6). Простягання шарніру і падіння шарніру у північно-східному напрямі, кут його падіння похилий -  $15^\circ$ . Складка зрізається і зміщується по розлому північно-західного простягання по правому типу. Розлом має майже вертикальне падіння і виражений зоною розланцювання та тектонічної брекчії потужністю більше 1м. І простягання і кінематичний тип цього розлому подібний до вище описаного Терєблинського розлому.

Друга ділянка досліджень розташована в містечку Солотвино. Ділянку складають неогенові відклади. Ці відклади складають наступні світи та підсвіти неогену (перелік від більш древніх до молодих): соленосна верхня підсвіта Терєблинської світи ( $N_{1tb2}$ ); нижня підсвіта Солотвинської світи ( $N_{1sl1}$ );





Рисунок 4. 6.- Синклінальна складка в туфах Тересвинської світи ( $N_{1ts}$ ), червоним – шарнір складки

перший шар туфів; середня і верхня підсвіти Солотвинської світи ( $N_{1sl2-3}$ ); туфи ліпарит-дацитові нижньої підсвіти Тересвинської світи ( $N_{1trs1}$ ); середня підсвіта Тересвинської світи ( $N_{1trs2}$ ); верхня підсвіта Тересвинської світи ( $N_{1trs3}$ );

Геологічна будова ділянки і відслонення, які були досліджені, показані на рисунку 4.7. Більшість точок спостережень були розташовані в межах шарів туфів різного віку. Менша їх кількість розташовувалася в теригенних відкладах - аргіліти, пісковики, алевроліти.

В туфах вивчалися розривні порушення, тектонічні тріщини, системи розсланцювання з вимірами елементів залягання усіх структур. В програмі «Fabric-8» за даними польових вимірів елементів залягання структур були

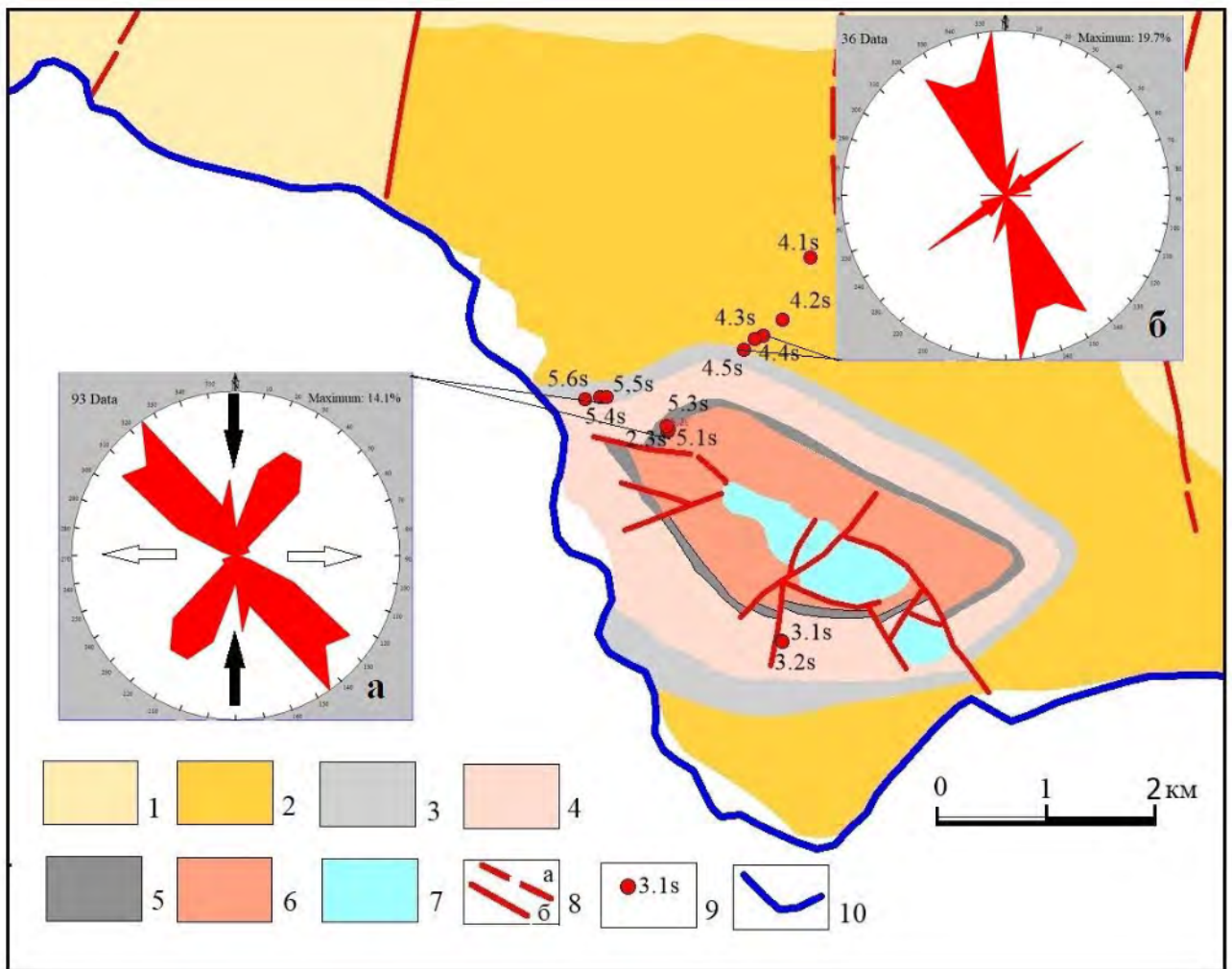


Рисунок 4. 7. – Геологічна будова ділянки містечка Солотвино з трояндами-діаграмами простягань тектонічних порушень і тріщин: а – в туфах, б – в теригенних покладах

1 – верхня підсвіта Тересвинської світи ( $N_{1trs3}$ ); 2 – середня підсвіта Тересвинської світи ( $N_{1trs2}$ ); 3 – туфи ліпарит-дацитові нижньої підсвіти Тересвинської світи ( $N_{1trs1}$ ); 4 – середня і верхня підсвіти Солотвинської світи ( $N_{1sl2-3}$ ); 5 – шар туфів; 6 – нижня підсвіта Солотвинської світи ( $N_{1sl1}$ ); 7 – соленосна верхня підсвіта Тереблинської світи ( $N_{1tb2}$ ); 8 – розривні порушення: а – у фундаменті Солотвинської западини, б – у неогенових відкладах; 9 – пункти спостережень та їх номери; 10 – річка Тиса.

проведені статистичні розрахунки і побудовані троянди-діаграми простягань розривних порушень, тектонічних тріщин та розсланцювання. В туфах за



великою кількістю розривних структур виділені три системи, які за методом структурно-парагенетичного аналізу відносять до трьох типів сколів: L, R, R'. До системи L- сколів відноситься система розривів з середнім азимут простягання - 305°. До системи R- сколів відносимо систему розривів з середнім азимут простягання 325°. До системи R'-сколів віднесені розриви з азимут простягання 35° (рис. 4.7а). Характерно, що напрям перших двох систем визначає напрям витягування соляного діяпіру в південній частині ділянки, а третя система розривних дислокацій (тектонічних тріщин та розривних порушень) розриває соляний діяпір в поперек і зміщує його тіло. Це є важливий факт, який впливає на систему розробки соляного родовища. Розташування R і R' сколів дозволяє визначити нам напрям стиснення поля палеонапружень в туфах – це меридіанальний напрям. Напрямок розтягнення завжди перпендикулярний до стисненню, і нашому випадку цей напрям широтний (рис. 4.7а).

Що стосується теригенних відкладів на півночі ділянки (рис.4.7б), то там зберігається система розривних дислокацій з азимут простягання 325°. Але з'являються інші дві системи. Одна має простягання по азимуту 355°. Саме ця система проявляє себе чітко відображеними у відслоненнях розломами з глиною тертя потужністю до 10см і широкою зоною тектонічного розслаблення. Її напрям відповідає напрямку розломів фундаменту Солотвинської западини (рис. 4.7б)

Друга система має простягання по азимуту 55°, вона поширена за межами ділянки в північно-західному напрямі. З точки зору структурно-парагенетичного аналізу напрям стиснення в цій системі повинний повернутися за годинниковою стрілкою на 20-30°. Але цей висновок треба підтвердити іншими методами.

Третя ділянка досліджень розташована в зоні впливу Водинського розлому, який обмежує Солотвинську западину зі сходу. Простягання розлому в меридіональне, падіння на захід від 70 до 80°. Спостерігається не менше двох шовних зон. В неогенових відкладах (аргіліти) всякого крила розлому



(західне крило) розвинуті складки з похилими падіннями крил, багато дзеркал ковзання з ознаками правого зсуву. Аргіліти неогену на великій відстані від розлому в західному напрямі падіння  $5-10^\circ$ . З наближенням до зони розлому кути падіння неогенових порід збільшуються до  $50-60^\circ$

Дослідження деформацій порід проводилися у східному крилі розломної зони у палеогенових відкладах (еоцен) Шопурської світи. Палеогенові відкладення представлені перешаровуванням аргілітів, пісковиків, алевролітів. Ближче до шовних зон розлому виходять пласти конгломератів.

Вивчення умов залягання порід показує, що падіння пластів на захід з наближенням до розлому змінюється від  $25-30^\circ$  до крутого та вертикального.

Поблизу розлому встановлені добре виражені великого простягання тектонічні дзеркала з чіткими борознами та штрихами ковзання. За результатами вимірів їх елементів залягання у програмі «Win-Tensor» проведено реконструкцію полів палеонапружень. Встановлено два типи полів зсувного типу (рис. 4.8).

Перше зсувне поле має напрямок осі стиснення у північно-західному напрямку, а осі розтягування у південно-західному напрямку – у хрест Закарпатського прогину (Рис. 4.7, ліва стереограма).

Друге зсувне поле характеризується північно-східним напрямом осі стиску та додатковим стисненням у цьому напрямку (Рис. 4.8, права стереограма). У цьому полі Водинський розлом розвивався як правий зсув, на що чітко вказують ознаки зміщення крил тектонічних дзеркал системи цього розлому. Вік цього поля передбачається молодшим за вік першого поля.

Виконані дослідження показують складну тектонічну будову Солотвинської западини, неодноразову активізацію регіональних розломів і локальних розривних структур, переважання зсувних зміщень по шовним зонам великих розломів та дрібним розривним порушенням. До розломів і складок Солотвинської западини приурочені родовища вуглеводнів, солей, мінеральних вод та інше.

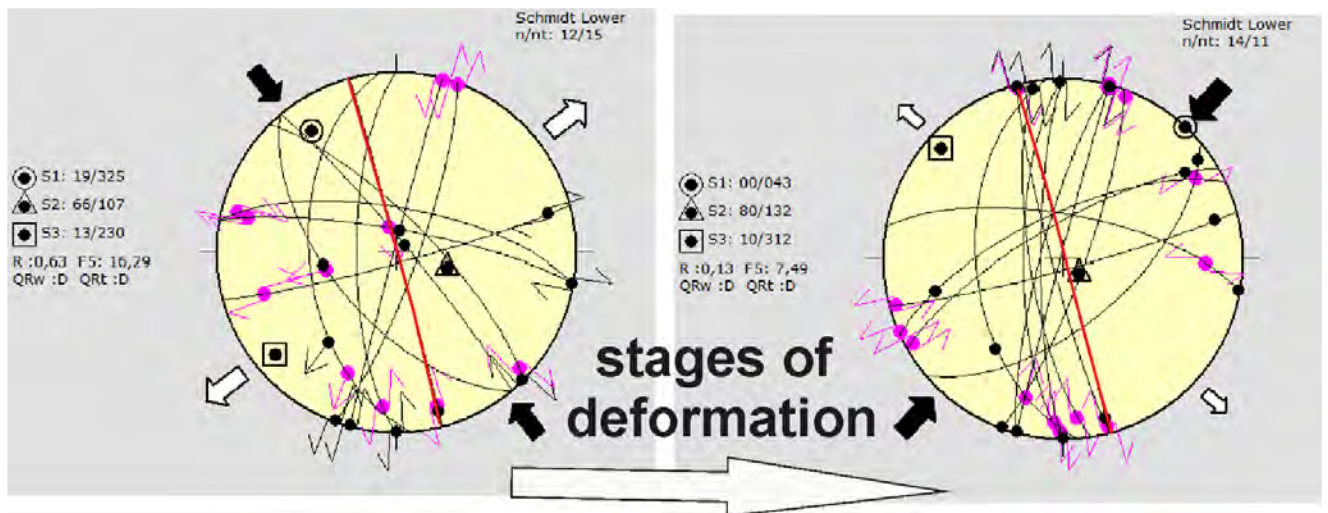


Рисунок 4. 8. – Стереограми полів палеонапруджень районі Водинського розлому, ділянка № 3.

#### 4.2. Корисні копалини Солотвинської западини та їх зв'язок з розривними порушеннями

До розломів і антикліналей Солотвинської западини приурочені родовища солі, вуглеводнів, мінеральних вод. Поширені у розрізі осадової товщі вулканічні туфи, які можуть викоористовуватися в якості будівельних матеріалів. В якості будівельних матеріалів також можуть використовуватися і використовуються алювіальні поклади конгломератів. Виходи цих конгломератів на денну поверхню фіксуються у ступах річкових терас поблизу смт Солотвино.

На площі досліджень також присвутні глинисті поклади та мергелі, які також можуть бути використані як будівельна сировина. Достатньо виходів на денну поверхню міцних пластів пісковиків та алевролітів. Пісковики використовуються місцевим населенням як будівельний матеріал і як облицювальне каміння. Останній напрям використання обумовлений пейзажними малюнками текстури пісковиків, які формувалися по нашарування за рахунок петрогліфів (рис. 4.9 ).





Рисунок 4. 9. Петрогліфи по нашаруванню пісковиків та алевролітів на ділянці селища Лози, облицювальна сировина.

Головні корисні копалини площі, які до недавнього часу активно розроблялися, це є натрієві солі (поварена сіль). Солотвинське родовище солі розташовано на площі смт Солотвино, де шток солі виходить на поверхню і розроблявся шахтним способом. На площі також розвідані запаси солі у Верхнетереблянській світі, де потужність їх сягає 500м на глибинах більше 1500м. Але розвідані запаси по категоріям А+В+С<sub>1</sub> тільки для двох родовищ Солотвинської западини – Солотвинське і Тереблянське родовища. Останнє на сьогодні не розробляється, а Солтвинське родовище до недавнього часу активно розроблялося шахтним способом.



Не дотримання вимог охорони масиву від підземних вод привело до затоплення стволів шахти, формування карсту та провалів денної поверхні у великих розмірах. Тому видобуток солі на родовищі припинили.

У проваллях накопичелася вода і утворилися солоні озера (рис. 4.10), які активно використовуються приватними пансіонатами для оздоровлення населення.



Рисунок 4. 10. Озера в проваллях карсту, смт Солотвино

Таких пансионатів наліковується більше 250. Але викачування води з озер сприяє притоку прісних вод з ближнів пагорбів, а це активизує процеси карстоутворення і формування провалів і зсувів денної поверхні (рис. 4.11). Склалася небезпечна екологічна обстановка для містечка Солотвино, бо зсуви вже перейшли промислову зону і підходять до житлових забудов містечка.



Рисунок 4. 10. Зсуви та карстові провалля – результати розробки родовища солі, смт Солотвино

Важливе значення як корисна копалина мають джерела мінеральних вод, які контролюються Терещківським розломом північно-західного простягання. Ці джерела сірководневих, вуглекисловодневих та хлор-натрієвих лікувальних вод тут широко використовується в місцевих пансіонатах в лікувальних цілях.

Розлом також контролює криптодіапіри солі, які не виходять на денну поверхню, але розташовані на невеликій глибині, що дозволяє їх розробляти шахтним способом.

Солотвинська западина є одним із перспективних районів пошуку вуглеводнів на заході України. Перше Солотвинське родовище газу тут було відкрито в 1982 році. Поклади вуглеводневих газів контролюються антикліналлю, утвореною Солотвинським діапіром.



## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБОТАХ**

**Охорона праці в польових умовах.** Геологорозвідувальні роботи, що проводяться в польових умовах, у тому числі сезонні, плануються і виконуються з урахуванням конкретних природно-кліматичних умов і специфіки району робіт (навчання працівників прийомам і навичкам, пов'язаним з особливостями району робіт, і інформування їх про наявність специфічних небезпек в цьому районі, проведення профілактичних щеплень, підбір спеціального спорядження та ін.).

До початку польових робіт приймаються наступні заходи:

а) вирішення питання будівництва баз і підбаз, забезпечення польових підрозділів транспортними засобами, матеріалами, спорядженням і продовольством;

б) розробка календарного плану і складання схеми відробітку площ, ділянок, маршрутів з урахуванням природно-кліматичних умов району робіт з вказівкою усіх доріг, стежок, небезпечних місць (переправ через річки, труднопрохідних ділянок і тому подібне);

в) розробка заходів з безпеки праці і пожежної безпеки;

г) визначення тривалості терміну польових робіт, порядок і терміни повернення працівників з польових робіт.

Стан готовності геологорозвідувальної партії оформлюється актом, який підписують начальником партії, представником профспілкової організації, інженером по радіозв'язку, охороні праці і затвердженим керівником (заступником) підприємства.

Усі виявлені недоліки повинні бути усунені до виїзду на польові роботи.

**Охорона праці при проведенні геофізичних робіт у свердловинах.** Геофізичні роботи у свердловинах (окрім досліджень в процесі буріння) будуть робитися у присутності представника "Замовника" під керівництвом відповідального фахівця геофізичного підприємства або підрядника.



Геофізичні роботи можна проводити в спеціально підготовлених свердловинах. Підготовленість об'єкту робіт підтверджується актом відповідно до діючих технічних інструкцій на цей вид робіт. Підготовка забезпечить безпечну і зручну експлуатацію наземного геофізичного устаткування, безперешкодний спуск і підйом каротажних зондів і свердловинних приладів впродовж часу, необхідного для проведення усього комплексу геофізичних досліджень.

При розміщенні геофізичного устаткування будуть виконані наступні вимоги:

- забезпечення проходу між одиницями устаткування шириною не менше 3 м;
- забезпечення можливості установки каротажного підйомника в горизонтальному положенні з видимістю машиністом мостків і устя свердловини;
- наявність під'їзних шляхів, що забезпечують безперешкодну евакуацію устаткування в аварійних ситуаціях своїм ходом або буксируванням;
- унеможливлення скупчення на робочих місцях відпрацьованих газів при роботі двигуна внутрішнього згорання підйомника і бензоелектричних агрегатів;
- освітлення відповідно до діючих норм.

Електроустаткування бурової установки перед проведенням геофізичних робіт буде перевірене на відповідність вимогам правил електробезпеки.

Для підключення геофізичного устаткування до силової мережі буде встановлений електричний щит з відключаючим пристроєм і уніфікованою чотирьополюсною розеткою на напругу 380 В і триполюсною - на 220 В із заземлюючими контактами.

Місце під'єднання до контура заземлення бурової установки окремих заземляючих провідників геофізичного устаткування буде позначене, а під'єднання їх виконуватися болтами або струбцинами.

Каротажні підйомники будуть укомплектовані згідно з технічним паспортом.

Облаштування устя свердловини буде забезпечувати надійність спуску і витягання свердловинних приладів :

- до устя свердловин, прохідних з глинистим розчином, має бути підведена технічна вода.

Направляючий блок (відтяжний ролик) або наземний блок-баланс буде жорстко кріпитися біля устя свердловини болтами або хомутами.

Підвісний блок (ролик) буде підвішуватися до вертлюга через стропи або безпосередньо на крюк талевого блоку через накидне кільце.

Підвісні блоки будуть використовуватися лише із запобіжним кожухом (скобою).

Міцність вузлів кріплення підвісного і наземного блоків буде перевірена при введенні підйомника в експлуатацію, після кожного ремонту блоків і у будь-якому випадку не рідше за 1 раз в рік. Справність клямки крюка талевого блоку буде перевірятися безпосередньо перед проведенням геофізичних робіт.

Буде використано лише справне бурове устаткування, яке буде забезпечувати можливість використання його для проведення геофізичних робіт.

В процесі їх виконання на об'єкті буде знаходитися вахта бурової бригади, яка за погодженням може притягуватися до виконання допоміжних робіт.

При виконанні геофізичних робіт (окрім досліджень в процесі буріння) проведення інших робіт буровою бригадою допустимо тільки за узгодженням з керівником геофізичних робіт на об'єкті. При цьому працівники бурової бригади мають бути проінструктовані керівником геофізичних робіт про межі небезпечних зон, знаходження людей в межах яких не допускається. Відповідальність за допуск людей в небезпечну зону несе керівник геофізичних робіт.

При роботі бурових агрегатів для забезпечення проведення геофізичних робіт персонал геофізичних підрозділів може знаходитися на буровій установці за узгодженням з керівником бурових робіт.

Геофізичні роботи в процесі буріння будуть проводити за планом, затвердженому спільно буровою і геофізичною організаціями. Буровий майстер (машиніст бурової установки) зобов'язаний своєчасно інформувати представника геофізичної організації про відхилення від проектного технологічного режиму буріння і фізико-хімічного складу промивальної рідини, а також про необхідність проведення газового каротажу.

Перед початком геофізичних робіт буровий інструмент і інвентар будуть розміщені і закріплені так, щоб не заважати геофізичним роботам.

Між каротажною станцією і устям свердловини будуть прибрані предмети, що перешкоджають руху кабелю і проходу людей і гирла свердловини, що обмежують видимість машиністом лебідки каротажного підйомника. За наявності бурового устаткування, що заважає проходу і перенесенню свердловинних приладів, будуть облаштовані спеціальні переходи (трапи, мостки).

Кабель, що сполучає геофізичне устаткування з електромережею, буде підвішений на висоті не менше 0,5 м від землі. Підключати геофізичне устаткування до джерела живлення необхідно після закінчення складання і перевірки електросхеми станції.

Необхідно, щоб міцність кріплення свердловинних приладів, апаратів і вантажів до кабелю був не більший  $2/3$  розривні зусилля кабелю.

При спуску свердловинного снаряда на максимальну глибину на барабані лебідки буде залишено не менше половини останнього ряду витків кабелю.

Збереження броні кабелю буде перевірятися не рідше за 1 раз в квартал.

Контроль за спуском (підйомом) свердловинних снарядів буде виконуватися за свідченнями вимірників швидкості, глибини і натягнення кабелю. Щоб уникнути зтягування свердловинних приладів на блок на кабелі будуть встановлені три добре видимі мітки. Швидкість підйому кабелю при



підході свердловинного приладу до черевика обсадної труби після появи попереджувальної останньої мітки необхідно знизити до 250 м/ч.

Не допускається знаходження людей в межах небезпечних зон після подання попереджувального сигналу при:

- звільненні кабелю від прихватів;
- спуску-підйомі приладу у свердловину.

Зусилля натягнення кабелю "при ходінні" з метою звільнення від прихвата не будн перевищувати 50%% його розривного зусилля.

Виконання геофізичних робіт буде призупинене при:

- сильному поглинанні бурового розчину (з пониженням рівня більше 15 м/ч);

- виникненні затягувань кабелю, неодноразових зупинках свердловинних снарядів при спуску (за винятком випадків зупинки снарядів на відомих уступах або в кавернах);

- погіршенні метеоумов : зниженні видимості менше 20 м, посиленні вітру до штормового і більше 20 м/с.

При виникненні на свердловині аварійних ситуацій, загрозливих життю і здоров'ю людей (пожежа, викид токсичних речовин, термальних вод і тому подібне), працівники геофізичного і інших підрозділів, будуть негайно евакуюватися у безпечне місце.

**Охорона праці при проведенні бурових робіт.** Відповідальність за дотримання техніки безпеки на будівельному майданчику покладається на змінних виробників робіт і майстрів.

Роботи по спорудженню фундаменту будуть виконані з урахуванням вимог регламенту і наступних нормативних документів :

- СНиП 12-03-2001 "Безпека праці у будівництві";
- Правила пристрою і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів Держміськтехнагляду;
- Наказ №РБ ЦРБ-298ОТ 14.01.1994г.;

Роботи будуть розпочаті тільки тоді, коли в зоні робіт відсутні або перенесені усі підземні комунікації, лінії електропередач і зв'язку, спланований і захищений будівельний майданчик, влаштовані тимчасові дороги для автотранспорту і технологічного устаткування. Готовність будівельного майданчика до виробництва робіт буде зафіксований відповідним актом.

Роботи в охоронній зоні комунікацій будуть проводитись тільки з письмового дозволу їх власників. До дозволу має бути прикладена схема з вказівкою розташування і глибини заставляння комунікацій. До початку робіт на поверхні ґрунту будуть встановлені знаки, що вказують місця розташування підземних комунікацій.

Будівельний майданчик, ділянки робіт, робочі місця, проїзди і підходи до них в темний час доби будуть освітлені відповідно до "інструкції по проєтування енергетичного освітлення будмайданчиків".

На початок виробництва робіт усі механізми, стропи, устаткування і інвентар будуть оглянуті і прийняті по акту виробництва робіт. В процесі виконання робіт за їх станом і справністю буде вестись постійний контроль. Сталеві канати, такелажні пристосування, тара і тому подібне буде відповідати вимогам ГОСТ 12.3.010-82.

Під час виробництва робіт усі робітники і ІТР будуть забезпечені захисними касками і спецодягом. На будмайданчику буде знаходитись аптечку першої медичної допомоги з перев'язувальними матеріалами, бачок з питною водою.

Небезпечні зони роботи устаткування і механізмів будуть захищені захищені сигнальною стрічкою. Знаходження сторонніх осіб в зоні виробництва робіт забороняється.

В процесі виконання робіт буде вестись постійний контроль за справністю захисних обгороджувань із записом в журналі виробництва робіт.

Забороняється робити які-небудь ремонтні роботи по усуненню несправностей бурового верстата при підвішеному стані інструменту.

**Заходи з пожежної безпеки.** Система пожежного захисту буде розроблена для об'єкту, з розрахунку, що нормативна імовірність впливу небезпечних факторів пожежі на людей береться рівною не більш 0,000001 у рік за розрахунком на окрему людину [21].

Безпека людей повинна буде забезпечена при виникненні пожежі в будь-якому місці об'єкта.

Пожежна безпека об'єкта повинна буде забезпечена як у робочому його стані, так і у випадках виникнення аварійної обстановки.

За кожним об'єктом буде встановлена економічна ефективність систем, що забезпечують його пожежну безпеку. Економічна ефективність повинна встановлюватися з урахуванням імовірності пожежі, вартості об'єкта, розмірів можливого збитку від пожежі, а також капітальних вкладень і поточних витрат на системи запобігання пожежі й пожежного захисту.

Небезпечними факторами пожежі, що впливають на людей, є:

- відкритий вогонь і іскри;
- підвищена температура повітря, предметів і т.д.;
- токсичні продукти горіння;
- дим;
- знижена концентрація кисню;
- обвалення й ушкодження будинків, споруджень, установок;
- вибух.

Необхідні розрахунки систем запобігання пожежі й пожежного захисту та визначення вихідних даних для цих розрахунків розроблені міністерствами і відомствами відповідно до нормативно-технічної документації, затвердженої у встановленому порядку.

Запобігання пожежі повинне досягатися наступними заходами:

- запобіганням утворення пального середовища;
- запобіганням утворення в пальному середовищі (чи внесення в неї) джерел запалювання;



Запобігання утворення пального середовища повинне забезпечуватися регламентацією наступного фактору:

- горючості речовин, що обертаються, матеріалів, устаткування і конструкцій.

Запобігання утворення в пальному середовищі джерел запалювання повинне досягатися наступними мірами:

- регламентацією виконання, застосування і режиму експлуатації машин, механізмів і іншого устаткування, матеріалів і виробів, що можуть з'явитися джерелами запалювання пального середовища;

- застосуванням електроустаткування, що відповідає класу пожежо-вибухонебезпеки приміщення чи зовнішньої установки, групі і категорії вибухонебезпечної суміші;

- застосуванням технологічного процесу й устаткування, що задовольняють вимогам електростатичної іскробезпеки;

- пристроєм захисту від блискавки будинків, споруджень і устаткування;

- регламентацією максимально припустимої температури нагрівання поверхонь устаткування, виробів і матеріалів, що можуть ввійти в контакт із пальним середовищем;

- регламентацією максимально припустимої енергії іскрового розряду в пальному середовищі;

- регламентацією максимально припустимої температури нагрівання пальних речовин, матеріалів і конструкцій;

- ліквідацією умов для теплового, хімічного та (чи) мікробіологічного самозаймання речовин, що обертаються, матеріалів, виробів і конструкцій.

**Вимоги до системи пожежного захисту.** Пожежний захист буде забезпечуватися:

- запобіганням поширення пожежі за межі вогнища;

- застосуванням засобів пожежегасіння;

- застосуванням конструкцій об'єктів з регламентованими межами вогнестійкості і горючістю;

- евакуацією людей;
- застосуванням засобів колективного й індивідуального захисту людей;
- організацією пожежної охорони об'єкта.

Обмеження кількості пальних речовин і їхнього розміщення буде досягнуто регламентацією наступних факторів:

- кількості (маси, обсягу) пальних речовин і матеріалів, що знаходяться одночасно в приміщенні, на складі;
- протипожежних розливів і захисних зон;
- періодичності очищення приміщень, комунікацій, апаратури від пальних відходів, відкладень пилу, пуху й т.п.;
- виносу пожежонебезпечного устаткування на відкриті площадки.

Ізоляція пального середовища буде забезпечена одним чи декількома з перерахованих засобів:

- установкою пожежонебезпечного устаткування в ізольованих приміщеннях чи на відкритих площадках;
- застосуванням для пожежонебезпечних речовин герметичного устаткування і тари;
- застосуванням пристроїв захисту виробничого устаткування з пожежонебезпечними речовинами від ушкоджень і аварій;

Запобігання поширення пожежі буде забезпечене:

- пристроєм аварійного відключення і переключення апаратів і комунікацій;
- застосуванням засобів, що запобігають чи обмежують розлив і розтікання рідин при пожежі;

Застосовувані засоби пожежегасіння будуть максимально обмежувати розміри пожежі й забезпечувати його гасіння. При цьому будуть визначені:

- види засобів пожежегасіння, припустимі й неприпустимі для застосування при пожежі;

- вид, кількість, розміщення і зміст первинних засобів пожежегасіння (вогнегасники, азбестові і грубошерсті полотна, шухляди з піском, бочки з водою і т.п.) відповідно до ДСТ 12.4.009-75;

- порядок збереження речовин, гасіння яких неприпустимо тими самими засобами;

- джерела і засоби подачі води для пожежегасіння;

- мінімально припустимий запас спеціальних засобів пожежегасіння (порошкових, газових, пінних, комбінованих);

- види, кількість, швидкодія і продуктивність установок пожежегасіння;

- порядок обслуговування установок пожежегасіння і збереження засобів гасіння. Межі вогнестійкості конструкцій об'єкта повинні бути такими, щоб конструкції зберігали функції, що огорожують, протягом усієї тривалості евакуації людей чи перебування їх у місцях колективного захисту. При цьому межі вогнестійкості повинні призначатися без обліку впливу засобів гасіння на розвиток пожежі.

**Безпека праці у надзвичайних ситуаціях.** Кожен об'єкт повинний буде мати таке об'ємно-планувальне і технічне виконання, щоб евакуація людей з нього була довершена до настання гранично припустимих рівнів небезпечних факторів пожежі, установлюваних санітарними нормами. Для забезпечення евакуації необхідно забезпечити можливість безперешкодного руху людей по шляхах евакуації (у зв'язку із особливостями конструкції технологічної будівлі а також малою кількістю особового складу, складання плану евакуації не проводиться).

Для подолання пожежі пожежними бригадами у випадку надзвичайної ситуації рекомендовано використовувати воду з Павлопольського водосховища, що знаходиться в двохстах метрах від ділянки робіт.

Організаційні заходи включають:

- організацію пожежної охорони (профілактичного й оперативного обслуговування об'єктів). Вид пожежної охорони (воєнізована, професійна, добровільні формування і т.п.), порядок профілактичного й оперативного



обслуговування об'єктів, необхідність організації підрозділів пожежної охорони і їхня чисельність визначаються у встановленому порядку. Діяльність різних видів пожежної охорони устанавлюється відповідно до положень про них;

- організацію навчання робітників, службовців і населення правилам пожежної безпеки;

- розробку та реалізацію норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про порядок роботи з пожежонебезпечними речовинами і матеріалами, про дотримання протипожежного режиму й про дії людей при виникненні пожежі;

- виготовлення і застосування засобів наочної агітації щодо забезпечення пожежної безпеки.

## ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки. Вперше встановлені важливі особливості розвитку розривних та складчастих деформацій в зоні впливу Теремблянського розлому північно-західного простягання. Зона цього розлому контролює вкорінення криптодіапірів солі, які розташовуються на більш ослаблених і подрібнених ділянках його простягання. Розлом також контролює джерела сірководневих, вуглекисловодневих та хлор-натрієвих лікувальних вод, що широко використовується в місцевих пансіонатах в лікувальних цілях.

Площа досліджень має складну тектонічну будову та кілька різних систем розривних дислокацій. Ці розривні дислокації мають різний вік та в процесі свого розвитку неодноразово проходили етапи тектонічної активізації зі зміною свого кінематичного типу.

Праві зсуви визначені як головний кінематичний тип розломних зон північно-західного простягання. Вони зрізають і зміщують складчасті дислокації, що вказує на більш древній вік складок.

Реконструкції полів палеонапружень показали їх різноманітність. Аналіз цих полів дозволив виділити кілька їх груп. Серед цих полів чітко виділяється зсувний тип поля палеонапружень (праві та ліві зсуви), який проявлений на всіх пунктах спостережень і всіх трьох ділянках досліджень. Цей тип найбільш молодий за віком формування.

Другий поширений тип полів палеонапружень – скидо-зсувний, вік якого є старіший за зсувний тип.

Взаємовідносини розривних дислокацій з корисними копалинами вказують на такі особливості. Розломи північно-західного простягання контролюють виходи до денної поверхні соляних штоків, самі штоки мають витягнуті вздовж розломів форми. Таки ділянки перспективні на видобуток солі шахтним способом. Але, як показує приклад Солотвинського родовища солі, розробка повинна проводитися з урахуванням таких процесів, як карстоутворення та

формування провалів та зсувів на денній поверхні. Ці процеси активно розвиваються за рахунок притоку прісних вод з ближніх гір до виходів штоку на денну поверхню та активізуються на ділянках підробки шахтами. Саме затоплення шахти на Солотвинському родовищі привело до закриття розробок солі цього родовища. Але провали над штоками солі сьогодні заповнюються водами, які активно використовуються приватними пансіонатами для лікувальних цілей. З урахуванням того, що пансіонатів біля 250 в смт Солотвино, процеси формування провалів на зсувів продовжується і вже зачепило не тільки промислову зону, а і площу житлових забудов.

Деформації, які формуються за рахунок вкорінення штоків солі, можуть бути пастками для покладів вуглеводнів. Одне з таких родовищ вже розвідано біля Солотвинського діапіру.

Використання широко поширеного на площі туфу в якості будівельного матеріалу обмежуються системами тектонічної сланцюватості, що порушує таку його якість, як блочність.

В якості будівельного та облицювального каміння на площі є достатні запаси пісковиків, а на північно-східній межі западини є великі запаси вапняків в Мармароській зоні стрімчаків.

На площі також є прояви глинистої сировини та мергелів. Останні потребують довивчення з метою оцінки їх використання для виготовлення цементу.

В цілому отримані результати досліджень уточнюють історію тектонічного розвитку Закарпатського прогину та Солотвинської западин і вказують на наявність кількох етапів тектонічних активізацій в неогені.

Подальші структурно-тектонічні та тектонофізичні дослідження розривних та складчастих деформаційних структур в туфах та теригенних відкладах вздовж регіональних розломних зон дозволять встановити більше деталей впливу на осадовий чохол регіону, особливості впливу соляних діапірів на умови формування і залягання та кінематичні типи деформаційних структур.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Prykhodko M.G., and Ponomariova L.D. Geological Structure of the Transcarpathian Trough. Kyiv: UkrSGPI, 2018. 84 p.
2. Петро Лозиняк, Ярема Місюра. Особливості геологічної будови донеогенового фундаменту Закарпатського прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2010. 152–153(3–4). 73–84.
3. Murovskaya, A., O. Verpakhovska, O. Hnylko, O. Chorna, and T. Yegorova. ‘Transcarpathian Depression: Study of Low-Velocity Zones in the Earth’s Crust Based on the Seismic Regional Profiles Data’. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2023. 45(2). 30-43. doi: 10.24028/gj.v45i2.278310
4. Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. К.: УкрДГРІ, 2001. 144. с
5. Глибинна будова Закарпатського прогину (українська частина) за даними густинного моделювання / І. Макаренко , О. Савченко , Я. Дерерова , Г. Муровська та інш. *Геофізичний журнал*. 2023. 45(4). 43-83.
6. Муровська А., Амашукелі Т., Альохін В. Поля напружень і деформаційні режими в межах української частини Східних Карпат за тектонофізичними даними. *Геофизический журнал*. 2019. № 2, Т. 41. 84 – 97.
7. Малицький, Д.В., Муровська, А.В., Обідіна, О.О, Гнип, А.Р., Грицай, О.Д., Павлова А.Ю., Пугач А.В. Визначення полів напружень у земній корі за механізмами вогнищ місцевих землетрусів у Закарпатті. *Вісник КНУ. Геологія*. 2017. 3.78, 36—45. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.78.05>.
8. Державна геологічна карта України масштабу 1 : 200 000, аркуші М-34-XXXVI (Хуст), L-34-VI (Бая-Маре), М-35- XXXI (Надвірна), L-35-I (Вішеу-Де-Сус). Карпатська серія. К.: УкрДГРІ, 2009.
9. Державна геологічна карта України масштабу 1 : 200 000, аркуші М-34-XXXVI (Хуст), L-34-VI (Бая-Маре), М-35- XXXI (Надвірна), L-35-I (Вішеу-Де-Сус). Карпатська серія. Пояснювальна записка. К.: УкрДГРІ, 2009. 188 с.

10. Муровская, А., Накапелюх, М., Вихоть, Ю., Шлапинский, Е., Бубняк, И. Кинематическая эволюция Зоны Пеннинских утесов в кайнозое (Украинские Карпаты). *Геофизический журнал*. 2016. 38(5). 119—136. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i5.2016.107826>. 3.
11. В.І. Альохін, А.Д. Боярська, В.В. Ішков. Особливості дислокацій та полів палеонапружень в туфах Тересвинської світи Закарпатського прогину в басейні річки Тячевець. *Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо-геологічна»*. 2022. 1(27)-2(28). С. 7-15.
12. М.І. Павлюк, З.М. Ляшкевич, А.П. Медведєв. Українські Карпати в структурі Панкардії (магматизм і геодинаміка). *Геодинаміка*. 2013. 1(14). 45-60.
13. Геодинамика Карпат. / Круглов С.С., Смирнов С.Е., Сцитковская М.Е. и др. Киев: Наук. Думка, 1985. 136 с.
14. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры. Киев: Феникс, 2005. 572 с.
15. Angelier, J. Fault Slip Analysis and Paleostress Reconstruction. *Continental Deformation*. 1994. 4. P. 101-120.
16. Devlaux, D., Sperner, B. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. New insights into Structural interpretation and Modelling. 2003. 212. 75–100.
17. Murovskaya A., Alokhin V., Vinogradov E. Tectonic deformations and paleostresses within the Solotvine basin (Transcarpathian Ukraine). The XI International Scientific and Practical Conference "The latest information and communication technologies in education", (November 27-29, 2023, Florence, Italy). 2023. 128-133.