

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ІМ. С. І. СУББОТІНА**

**ТОПОЛЮК ОКСАНА ВОЛОДИМИРІВНА**

УДК 550, 834: 553

**ШВИДКІСНІ МОДЕЛІ ОСНОВНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР  
КІРОВОГРАДСЬКОГО РУДНОГО РАЙОНУ ЗА ДАНИМИ ГСЗ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ  
ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ЗЕМНОЇ КОРИ ТА ПОШУКІВ  
РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

04.00.22 – геофізика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України.

**Науковий керівник –** доктор геолого-мінералогічних наук  
**Трипільський Олександр Андрійович,**  
Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України,  
провідний науковий співробітник  
відділу сейсмічної небезпеки

**Офіційні опоненти:** доктор геологічних наук  
**Лісний Георгій Дмитрович,**  
ТОВ «Тутківський - інтегровані рішення»,  
заступник директора з наукової роботи

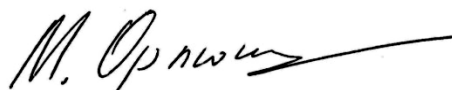
кандидат фізико-математичних наук  
**Віршило Іван Вікторович,**  
Навчально-науковий інститут «Інститут геології»  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка  
доцент кафедри геоінформатики

Захист відбудеться «11» жовтня 2016 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01 при Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, проспект Палладіна, 32.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, проспект Палладіна, 32.

Автореферат розісланий «9» вересня 2016 р.

Вчений секретар  
Спеціалізованої вченої ради,  
доктор геологічних наук



М.І. Орлюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дослідження.** Геофізичні дослідження в межах Кіровоградського рудного району Інгульського мегаблоку Українського щита актуальні у зв'язку з тим, що цей район розглядається як один з основних щодо розширення мінерально-сировинної бази України, особливо з добутку уранових руд, рідкісних та дорогоцінних металів. Наявність великого об'єму матеріалів регіональних сейсмічних досліджень методом ГСЗ-КМЗХ дозволяє детально вивчити швидкісні характеристики основних геологічних структур Кіровоградського рудного району, а також площ поширення натрових урановмісних метасоматитів, що, у свою чергу, відкриває нові можливості для тектонічного районування та пошуків родовищ вказаних корисних копалин.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась у відповідності з науковою темою: «Глибинна будова та геодинамічний розвиток Інгульського мегаблоку Українського щита у зв'язку з пошуками стратегічних видів корисних копалин» (2011–2015). Шифр теми: П-3-13.

**Мета та завдання досліджень.** Мета роботи – аналіз просторового розподілу швидкостей поширення сейсмічних хвиль у земній корі КРР та його зв'язок з геологічною структурою району і ділянками розвитку урановмісних метасоматитів.

**Завдання досліджень** – застосування методики розрахунку різницевих аномалій швидкостей поширення поздовжніх сейсмічних хвиль  $\Delta V_p = V_{p \text{ спост.}} - V_{p \text{ норм.}}$  у 2-D та 3-D варіантах на території Кіровоградського рудного району, побудова вертикальних графіків та горизонтальних перерізів  $\Delta V_p$ , а також встановлення зв'язку швидкостей поширення сейсмічних хвиль з основними структурами Кіровоградського рудного району та проявами урановмісних метасоматитів.

**Об'єкт дослідження** – швидкісні моделі основних геологічних структур Кіровоградського рудного району.

**Предмет дослідження** – зв'язок різницевих аномалій ( $\Delta V_p$ ) швидкостей поширення сейсмічних хвиль з геологічними структурами КРР та аномально низьким вертикальним градієнтом.

### **Наукова новизна одержаних результатів:**

1. Запропоновано методику вивчення особливостей просторового розподілу швидкостей поширення поздовжніх сейсмічних хвиль у земній корі шляхом розрахунку та аналізу різницевих аномалій  $\Delta V_p = V_{p \text{ спост.}} - V_{p \text{ норм.}}$ . Раніше розподіл швидкостей вивчався, виходячи зі зміни абсолютних значень параметру  $V_{p \text{ спост.}}$  по вертикалі та горизонталі, що не дозволяло достатньо точно виявити особливості будови земної кори – в даному випадку КРР.

2. Прослідковано зону розуцільнення земної кори в межах Суботсько-Мошориської та Кіровоградської зон розломів від денної поверхні до глибини залягання межі поділу М, з якою, імовірно, пов'язаний так званий «мантійний рів», тобто занурення цієї межі за рахунок розуцільнення.

3. Встановлено просторовий зв'язок площ поширення родовищ урану в межах КРР з зонами знижених швидкостей.

**Практичне значення одержаних результатів.** Методика вивчення особливостей просторового розподілу швидкостей, запропонована в дисертації, у подальшому може бути використана в межах різних за геологічною будовою структур. Показано, що в районах розвитку ураноносних метасоматитів аномально малий вертикальний градієнт швидкості в інтервалі глибин 0–4 км може вказувати на підвищену концентрацію уранових руд.

**Особистий внесок** дисертанта полягає у побудові та аналізі горизонтальних перерізів  $\Delta V_p$  на глибинах 0–40 км з інтервалом 1 км [1, 3, 4], визначенні особливостей швидкостей поширення сейсмічних хвиль у земній корі в районі площ поширення уранових родовищ на глибинах 1–4 км [5]. Було також виконане просторове зіставлення поля швидкостей поширення сейсмічних хвиль з основними геологічними структурами КРР (Корсунь-Новомиргородським плутоном, Новоукраїнським масивом та зонами розломів) [2, 6, 7, 8].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати роботи доповідались і пройшли апробацію на: Науковій конференції-семінарі, присвяченій 80-річчю з дня народження Тараса Зиновійовича Вербицького (м. Львів, 2012); 5-ой международной научной конференции молодых ученых и студентов (Азербайджан, г. Баку, 2013г). Результати досліджень дисертанта були також використані у колективній монографії «Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых» (2013 р.).

**Публікації.** Основні результати опубліковані у 8 наукових роботах, серед яких 4 статті, розділ у монографії та 3 тези доповідей на наукових конференціях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел, що налічує 107 найменувань. Обсяг роботи становить 137 сторінок та супроводжується 17 рисунками, 4 таблицями та 2 додатками.

### **Подяки**

Дисертація виконана в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України під керівництвом доктора геол. – мін. наук Трипільського Олександра Андрійовича, якому автор висловлює щире подяку за постановку задачі та допомогу при її виконанні, а також підтримку на всіх етапах роботи. Також автор висловлює подяку керівникові відділу Сейсмічної небезпеки чл.-кор. НАН України, кандидату фіз.-мат. наук Кендзері Олександровичу Володимировичу за всебічну підтримку та кандидату фіз.-мат. наук Цветковій Тетяні Олексійовні за консультації та поради. Окрему подяку автор висловлює чл. – кор. НАН України, доктору геол.-мін. наук Гінтову Олегу Борисовичу за консультації, допомогу, цінні поради та сприяння при написанні роботи.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми роботи, формулюються мета та завдання досліджень, вказуються наукова новизна, практичне значення та особистий внесок здобувача, наводяться дані про апробацію результатів роботи та її зв'язок з науковими темами.

### *Розділ 1. Огляд регіональних досліджень методом ГСЗ на території Кіровоградського рудного району (КРР).*

В межах КРР виконано великий об'єм регіональних сейсмічних робіт. Профільні дослідження методом ГСЗ-КМЗХ здійснювались переважно за системою трьох широтних та двох субмеридіональних профілів, що взаємно перетинались між собою, а саме:

- 1) міжнародний геотраверс ІV (відпрацьовано у 1968–1971 рр.) у широтному напрямі перетинає Новоукраїнський масив, Звенигородсько-Братську та Кіровоградську зону розломів;
- 2) профіль ХХV Бабанка-П'ятихатки (1978) проходить у широтному напрямі вздовж Суботсько-Мошоринської зони розломів у області спряження Корсунь-Новомиргородського плутону і Новоукраїнського масиву;
- 3) широтний профіль ХХХ Маньківка-Павлиш (1979) перетинає Корсунь-Новомиргородський плутон, Звенигородсько-Братську та Кіровоградську зону розломів;
- 4) субмеридіанальний профіль ХХІV Миколаїв-Канів (1977) перетинає Корсунь-Новомиргородський плутон та Новоукраїнський масив;
- 5) субмеридіанальний профіль ХХХІV Черкаси-Новий Буг (1980) проходить вздовж Кіровоградської зони розломів.

Спостереження проводилися за методикою неперервного профілювання, яка передбачала реєстрацію системи прямих і зворотних годографів основних хвиль, узгоджених у взаємних точках. Відстань між пунктами вибуху складала 20–35 км, довжина неперервних годографів – до 250–350 км, відстань між реєстраторами – 100 м.

За частот реєстрації переважно 7–20 гц та швидкостей поширення сейсмічних хвиль у межах 5,7–8,3 км/с довжини хвиль змінювались у інтервалі 200–1200 м (переважно 400–700 м). У той же час відстань між реєстраторами (100 м) була суттєво менша за половину довжини хвилі, що забезпечувало надійну кореляцію усіх хвиль, зареєстрованих у процесі польових спостережень.

Вздовж усіх цих профілів складено глибинні розрізи земної кори, завдяки чому у товщі літосфери прослідковано дві витримані сейсмічні поверхні –  $K_2$  та границя поділу М, які залягають на глибинах 10–17 та 35–46 км відповідно, виокремлено низку глибинних розломів, які перетинають усю товщу земної кори до границі поділу М включно. Висока детальність робіт дозволила скласти структурні схеми границі поділу М та поверхні  $K_2$  [Соллогуб, 1986; Старостенко и др., 2013].

На структурній схемі границі поділу М [Соллогуб, 1986], виокремлено широтний прогин у рельєфі цієї границі, який пізніше був умовно названий

«мантійним ровом» [Дрогицкая и др., 2007]. У 2006 році було встановлено, що аномальна комбінація широтних і меридіональних ізоглибин границі поділу М збігається із загальним планом поверхневих структур Кіровоградського рудного району [Дрогицкая и др., 2007; Старостенко и др., 2007]. Варто відзначити, що карти рельєфу поверхні границі М та вертикальні перерізи  $\Delta V_p$  достатньо добре узгоджуються між собою. Докладніше про це буде йти мова у Розділі 3.

Відомо, що з сейсмічних параметрів найбільш універсальним параметром є швидкість поздовжніх пружних коливань. При цьому у методичному плані її відносні значення ( $\Delta V_p$ ) дають більш детальні результати, ніж абсолютні значення  $V_p$ . У більшості потенційних геофізичних методів – гравіметрії, магнітометрії – використовуються не абсолютні значення полів, а редукції – у гравіметрії редукції Буге, Фая та ін., у магнітометрії –  $\Delta Z_a$ ,  $\Delta T_a$ . Але вивчення швидкісних характеристик за матеріалами досліджень методом ГСЗ – КМЗХ до останнього часу обмежувалося переважно складанням розрізів земної кори у вигляді ізоліній швидкостей  $V_p$  (швидкісні розрізи). За такими розрізами було складно визначити особливості швидкісних характеристик окремих геологічних структур вищих порядків по відношенню до крупних мегаблоків.

Перший крок у цьому напрямі був здійснений у роботі [Омельченко и др., 2008], де на різних глибинних рівнях були виокремлені області підвищених швидкостей, які змінювали свої розміри і конфігурацію при переході від одного глибинного рівня до іншого. Такі області важко однозначно просторово пов'язати з геологічними структурами КРР (КНП, НУМ) та зонами розломів (КЗР, ЗБЗР та СМЗР). Не виключено, що це пов'язано з тим, що у цьому випадку використовувались абсолютні, а не відносні ( $\Delta V_p$ ) значення швидкостей.

Таким чином, результати цих досліджень показують, що для більш точного вивчення особливості розподілу швидкостей по латералі і вертикалі у земній корі КРР, особливо з метою характеристики окремих геологічних структур, слід використовувати відносні ( $\Delta V_p$ ), а не абсолютні значення швидкостей.

## ***Розділ 2. Геологічна будова Кіровоградського рудного району.***

Кіровоградський рудний район (КРР) характеризується значною кількістю родовищ урану метасоматичного генезису, а також родовищами та рудопроявами літія, срібла, золота, вольфрама та інших цінних металів. Район розташований у палеопротерозойському Інгульському мегаблоці, який, займає центральну частину Українського щита. Для центральної частини Інгульського мегаблока, з якою співпадає КРР, характерними є менші товщини земної кори, та, відповідно, більш високе розташування границі поділу М.

Стратифікований палеопротерозойський комплекс КРР представлений інгуло-інгулецькою серією, потужність якої оцінюється у 10–15 км, а вік у 2,45–2,6 млрд років (рис. 1). Серія складена теригенними та вулканогенними породами, метаморфізованими в умовах амфіболітової фації і перетвореними на біотитові гнейси зі змінними кількостями гранатів, амфіболів, графіту, піроксенів [Щербаков, 2005].

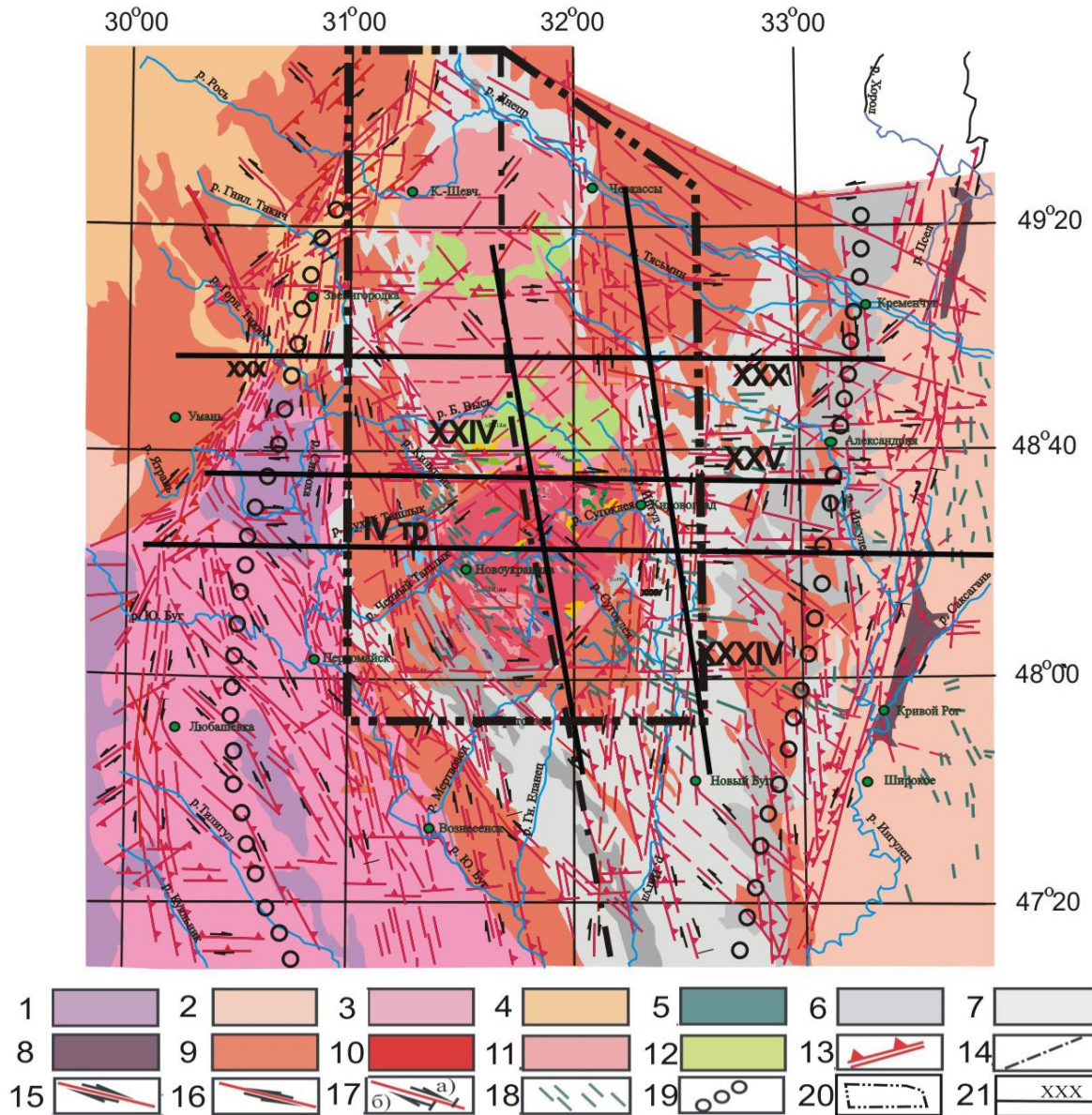


Рис. 1. Схема геологічної будови Інгульського мегаблоку за [Гинтов, Мычак, 2011]. Умовні позначення: 1 – 12 серії і комплекси: 1 – дністровсько-бузька, гайворонський (AR<sub>1</sub>); 2 – аульська, конкська, дніпропетровський (AR<sub>1</sub>), інгулецький, саксаганський, демурінський, токівський (AR<sub>2</sub>); 3 – бузька, капітанівсько-деренюхінський (AR<sub>3</sub>), побузький (PR<sub>1</sub>-I); 4 – росінсько-тікічська (AR<sub>3</sub>), звенигородський, гайсинський (PR<sub>1</sub>-I); інгуло-інгулецька (PR<sub>1</sub>-I); 5 – зеленореченська, артемівська, родіонівська світи, 6 – спасівська, кам'яно-костуватська світи, 7 – росяхівська, чечеліївська світи; 8 – криворізька серія (PR<sub>1</sub>-I); 9 – кіровоградський, уманський, ставищанський (PR<sub>1</sub>-I); 10 – новоукраїнський (PR<sub>1</sub>-I); корсунь-новомиргородський (PR<sub>1</sub>-II); 11 – рапаківіподібні граніти, 12 – габро-анортозити; 13 – ешелоновані сколи зон розломів (берг-штрихи вказують напрямок падіння); 14 – осьова лінія трансрегіональної зони розтягу Херсон – Смоленськ; кінематичні знаки для зон розломів: 15 – правий зсув (а), 16 – лівий зсув (б), 17 – скидо-зсув (а), підкидо-зсув(б); 18 – дайки габро-діабазів, лампрофірів та ін.; 19 – осьові лінії Голованівської (на заході) і Ингулецько-Криворізької (на сході) шовних зон; 20 – контури КРР; 21 – профілі та геотраверс ГСЗ.

Центральна частина Інгульського мегаблоку характеризується сильним та контрастним проявом палеопротерозойського магматизму, в результаті якого виникли Новоукраїнський масив (НУМ) та Корсунь-Новомиргородський плутон (КНП). Ці структури обмежуються субмеридіональними зонами розломів: Звенигородсько-Братською (ЗБЗР) на заході та Кіровоградською (КЗР) на сході. Між НУМ та КНП пролягає субширотна Суботсько-Мошоринська зона розломів (СМЗР). Слід також відзначити, що центральна частина Інгульського мегаблоку є фрагментом трансрегіональної зони розтягу Херсон-Смоленськ.

*Новоукраїнський масив* відносно однорідний, на 80 % складений гранітами новоукраїнського типу. Породні комплекси НУМ представлені сірими, рожево-сірими, рожевими і червоними піроксеновими, гранат-біотитовими та біотитовими трахітоїдними гранітами, у тому числі кварцевими монцонітами та кварцевими сієнітами, які займають основний об'єм масиву. Породи габро-монцонітової формації займають близько 10 % об'єму. В розривних порушеннях зустрічаються також альбітити й альбітизовані породи, з якими пов'язані рудопрояви урану. Зі сходу та заходу новоукраїнські граніти переходять у гранітоїди кіровоградського комплексу, які також у невеликих кількостях зустрічаються і в інших частинах КРР, найчастіше у центральних частинах куполів.

*Корсунь-Новомиргородський плутон* габро-анортозитів і гранітів рапаківі вкорінений у нижньопротерозойську товщу глиноземистих гнейсів інгуло-інгулецької серії і гранітоїдів кіровоградського комплексу. У південній частині контактує з трахітоїдними гранітами Новоукраїнського масиву. Склад порід комплексу гетерогенний: магматичні утворення кислого, основного, та лужного типу на 75–80 % представлені гранітами рапаківі, на 10–15 % – основними породами (габро-анортозити), на 3–5 % – монцонітоїдами та іншими утвореннями. Гранітоїди у межах КНП утворюють два великих масиви: Шполянський у південній частині та Корсунь-Шевченківський – у північній. В основному масиви складаються з крупноовоїдних гранітів, а також їх різновидів. Найбільш розповсюдженими є світло-сірі, рідше рожеві рапаківі, серед яких також зустрічаються ділянки зелених рапаківі з підвищеним вмістом біотиту та кварцу. Темно-сірі рапаківі більш дрібнозернисті, вміщують велику кількість овоїдів (60–70 %) та підвищену кількість темноколірних мінералів [Щербаков, 2005].

Породи основного складу у КНП представлені анортозитами, габро-норитами, габро, олівіновими норитами, габро-монцонітами, що утворюють декілька великих масивів (Новомиргородський, Смілянський, Городищенський, Межиріченський) та цілу низку дрібних тіл. Анортозити у КНП утворюють масивні тіла, які мають розбіжності у своєму складі (в залежності від кількості та складу олівіну та піроксенів), але достатньо витримані по товщині та простяганню. Найбільш поширені анортозити плутону – темно-сірі, представлені норитовими різновидами, з ортопіроксеном та олівіном, рідше габровими різновидами, розміщеними нерівномірно, окремими ділянками. У темно-сірих анортозитах плутону у вигляді



окремих світло-сірих, майже білих, прошарків зустрічаються андезиніти. У складі габро-анортозитів виокремлюються тіла габро-норитів, які просторово відносяться до систем розломів північно-східного та північно-західного простягання [Кононов, 1985].

*Зони розломів.* Субширотна Суботсько-Мошоринська зона розломів (СМЗР) протяжністю близько 200 км розділяє Новоукраїнський масив і Корсунь-Новомиргородський плутон, деформуючи їх, відповідно, північну і південну частини. Кристалічний фундамент, що перетинає Суботсько-Мошоринська зона розломів, складений гнейсами, кристалосланцями інгуло-інгулецької серії, гранітоїдами новоукраїнського і кіровоградського комплексів, габро-анортозитами і рапаківіподібними гранітами корсунь-новомиргородського комплексу. Широко розвинені дайки діабазів, габро-діабазів, лампрофірів субширотного простягання. Суботсько-Мошоринська зона розломів є важливою для формування кори не тільки Кіровоградського рудного району, а й Інгульського мегаблоку в цілому. До неї приурочені Ватутинське, Мічуринське, Северинське і Новокостянтинівське уранові родовища.

Субмеридіональна Звенигородсько-Братська зона розломів (ЗБЗР) обмежує з заходу Корсунь-Новомиргородський плутон і Новоукраїнський масив. Загальна протяжність ЗБЗР складає більш ніж 250 км. Одною з характерних рис Звенигородсько-Братської зони розломів є чергування ділянок розвитку зон сколів, динамометаморфічних та метасоматичних перетворень гірських порід з зонами, де гірські породи майже не деформовані [Старостенко, Гинтов, 2013]. Для всіх порід зони розломів характерним є інтенсивне окварціння та лужний метасоматоз. До цієї зони належить Ватутинське уранове родовище.

Субмеридіональна Кіровоградська зона розломів (КЗР) обмежує КНП і НУМ зі сходу. У межах КЗР гранітоїди та породи інгуло-інгулецької серії піддані інтенсивній дії динамометаморфізму та метасоматично змінені. Гнейси переходять у мігматити. Для всіх порід зони розломів характерним є інтенсивне окварцювання та лужний метасоматоз. Окрім згаданих Северинівського і Мічуринського, до цієї зони належать також Центральне і Юрівське уранові родовища та числені рудопрояви урану і золота.

***Розділ 3. Основні геологічні структури Кіровоградського рудного району (Центральна частина Інгульського мегаблоку Українського щита) у полі швидкостей поширення сейсмічних хвиль (за даними ГСЗ).*** У розділі розглядається методика вивчення швидкостей ( $\Delta V_p$ ), порівнюються швидкісні характеристики КРР та Українського щита, а також зв'язок швидкостей поширення сейсмічних хвиль з основними структурами КРР.

У роботі запропоновано характеризувати кожен структуру за допомогою графіку  $\Delta V_p=f(H)$ , де величина  $\Delta V_p$  визначає міру відхилення швидкостей у земній корі конкретної структури від нормальних швидкостей. За норму приймався осереднений розподіл швидкостей з глибиною ( $V_p=f(H)_{\text{норм.}}$ ) у земній корі

Кіровоградського рудного району (рис. 2). У цьому випадку величина  $\Delta V_p$  характеризувала міру швидкісної аномалії та особливості її зміни з глибиною для кожної зі структур, що вивчаються. Вихідним матеріалом для складання графіків  $\Delta V_p=f(H)$  були швидкісні розрізи земної кори вздовж профілів ГСЗ. З інтервалом по горизонталі у 10–20 км ці розрізи були перетнуті вертикальними лініями, вздовж яких з інтервалом у 1 км знімалися значення  $V_p$  та складалися графіки  $V_p=f(H)$ . При цьому, шляхом розрахунку середньоквадратичного відхилення у місцях перетину профілів, було показано, що похибка визначення швидкості  $V_p$  складає 0,01 км/с, а ув'язка профілів по глибинах визначення поверхонь Мохоровичича та  $K_2$  виконана з похибкою не більше 0,7 км, що вказує на високу точність вихідних матеріалів. Геологічні структури, що вивчалися, у залежності від своїх розмірів, характеризувалися певною кількістю графіків  $V_p=f(H)$ .

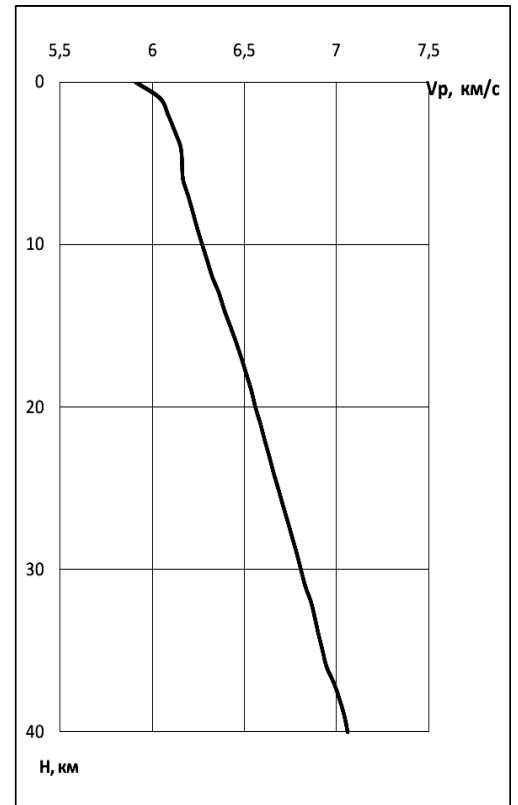


Рис 2. Осереднений графік  $V_p$

Величини  $\Delta V_p$ , що являли собою різницю швидкостей між кожним із графіків  $V_p=f(H)$  та графіком нормального розподілу швидкостей  $V_p=f(H)_{\text{норм.}}$ , визначалися у всій товщі земної кори з інтервалом у 1 км. Всього було складено 41 графік. На рис 3 і 4 проілюстровано графіки  $\Delta V_p=f(H)$  для Корсунь-Новомиргородського плутону та Суботсько-Мошоринської зони розломів.

*Корсунь-Новомиргородський плутон (КНП).* Усі 8 графіків (ПК 230–290 на профілі ХХХ та 140–190 на профілі ХХІV) в межах КНП дуже подібні між собою, а саме, на глибинах 1–12 км спостерігаються значні коливання швидкостей (до +0,30–0,50 км/с по відношенню до норми) при переважанні позитивних значень  $\Delta V_p$ , глибше (від 10 км до низів земної кори)  $\Delta V_p$  поступово зменшується, монотонно наближуючись здебільшого до нульових значень на глибинах 15–25 км, глибше набуваючи переважно невеликих від'ємних значень (рис. 3). Переважно додатні прирости швидкостей в межах КНП пов'язані з зонами розповсюдження порід основного складу – габро-анортозитами.

*Новоукраїнський масив (НУМ)* перетинається широтним ІV геотраверсом та субмеридіональним ХХІV профілем – усього 6 графіків. У верхній частині земної кори до глибин 15–18 км характер графіків  $\Delta V_p=f(H)$ , побудованих по профілю ХХІV, відмінний від таких же графіків у межах КНП. Це виявляється в тому, що на глибинах 0 – 15–18 км швидкості поступово зростають від від'ємних значень  $\Delta V_p$  (до -0,10–0,18 км/с) на денній поверхні до +0,08–0,16 км/с на глибині 15–18 км, при цьому значення  $\Delta V_p$  поступово зростають у південному напрямі. Глибше, до низів

кори, подібно до КНП, швидкості також змінюються поступово, монотонно наближуючись до нульових значень  $\Delta V_p$  на глибинах 26–37 км, набуваючи у низах кори переважно незначних від'ємних значень.

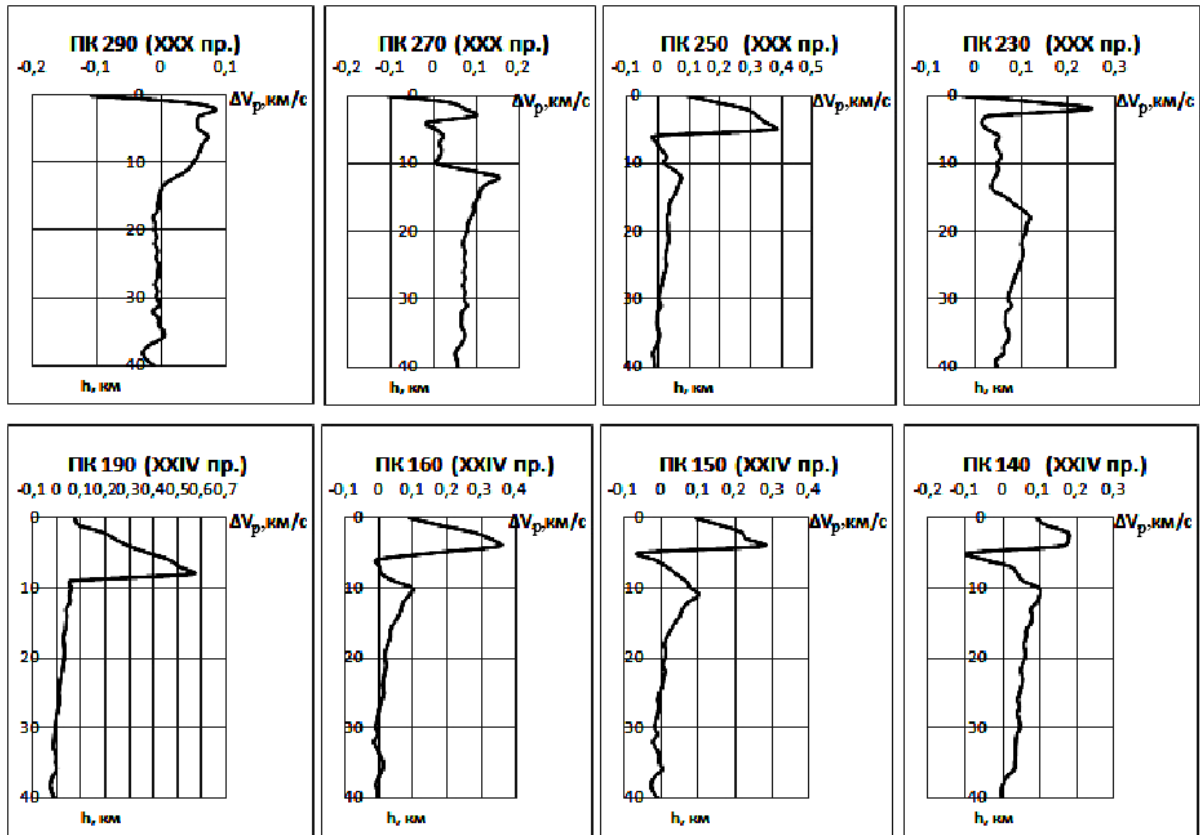


Рис 3. Графіки  $\Delta V_p=f(H)$ , Корсунь-Новомиргородський плутон. Вертикальні графіки  $\Delta V_p=f(H)$ , що характеризують величини відхилення швидкостей від нормальних значень  $V_p=f(H)_{\text{норм.}}$ . Пікети (ПК330, ПК310 і т.д.) – місце розташування графіків на профілі

Графіки  $\Delta V_p$ , складені вздовж геотраверсу IV, у верхній корі (0–18 км) мають зовсім інший вигляд і нагадують графіки для КНП. Ті ж значні коливання швидкостей (від -0,20 до +0,10 км/с), але при перевазі від'ємних значень  $\Delta V_p$ . Глибше 18 км  $\Delta V_p$ , як у КНП, до самих низів кори поступово зменшується і на глибинах 20-40 км набувають переважно нульових значень. У цьому ж інтервалі глибин у східному напрямку швидкості поступово зменшуються.

Наразі важко пояснити, чому характер графіків  $\Delta V_p$  у верхній частині кори НУМ так сильно залежить від напрямку профілів. Можливо, це зумовлено явищем анізотропії швидкостей або особливостями будови кори НУМ. Переважно від'ємні прирости швидкостей у межах НУМ є, напевне, результатом впливу трахітоїдних гранітів.

*Зони розломів.* За винятком Кіровоградської (КЗР) та Суботсько-Мошоринської (СМЗР) зон розломів, інші зони розломів КРР Українського щита у графіках  $\Delta V_p=f(H)$  не мають характерних особливостей, що відрізняють їх від інших структур. Напевно, це пояснюється тим, що такі зони перетинаються профілями ГСЗ

і геотраверсами перпендикулярно до їх простягання, що майже не впливає на зміну характеру графіків  $\Delta V_p=f(H)$ .

У той же час СМЗР (рис. 4) і центральна частина КЗР яскраво виявляються в особливостях графіків  $\Delta V_p=f(H)$ . Звертає на себе увагу, що графіки на профілях ХХV та ХХХІV у зонах вказаних розломів дуже схожі між собою. Це, по-перше, від'ємні значення  $\Delta V_p$  (-0,05 – -0,16 км/с) на глибинах 2–8 км, які часто мають вигляд мінімуму; глибше від'ємні значення зменшуються (8–12 км), а ще глибше знову зростають (12–28 км), досягаючи найбільших значень (до - 0,17 км/с) на глибині (16–20 км). Подібна картина більше ніде не повторюється, що підкреслює особливий вплив СМЗР та КЗР на характер зміни швидкостей з глибиною у земній корі цих структур. Відносно понижені швидкості в межах розломів пов'язані з розуцільненням порід: тріщинуватістю, дроблінням, катаклазом, милонітизацією (Кіровоградська зона розломів), а також процесами флюїдизації.

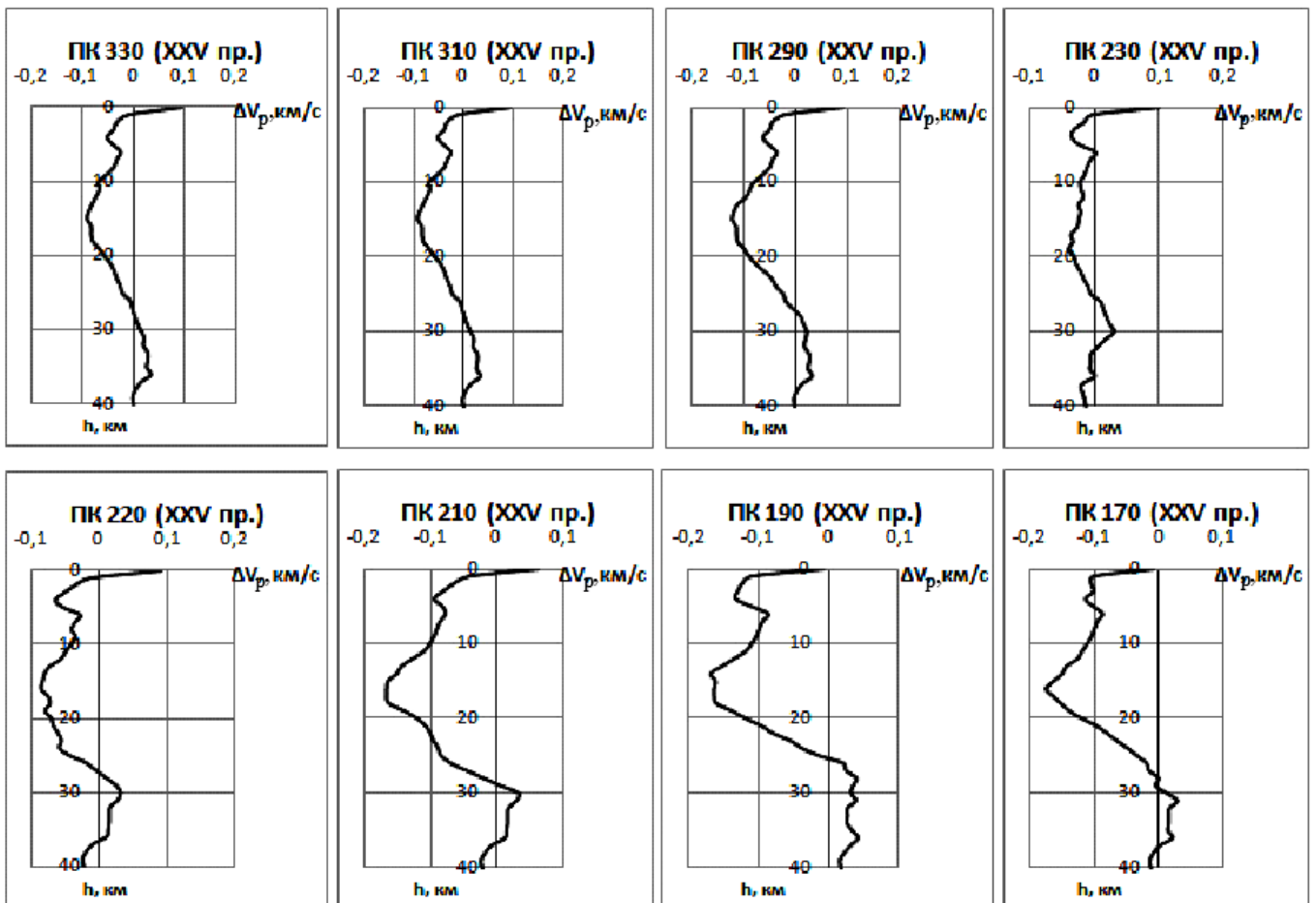


Рис. 4. Графіки  $\Delta V_p=f(H)$ , Суботсько-Мошоринська зона розломів. Вертикальні графіки  $\Delta V_p=f(H)$ , що характеризують величини відхилення швидкостей від нормальних значень  $V_p=f(H)_{\text{норм.}}$ . Пікети (ПК330, ПК310 і т.д.) – місце розташування графіків на профілі

Таким чином, основні структури КРР у своїй переважній більшості характеризуються індивідуальними особливостями графіків  $\Delta V_p=f(H)$ .

Вертикальні графіки  $\Delta V_p=f(H)$  у подальшому використовувалися для побудови 41 горизонтальних перерізів земної кори КРР з інтервалом по глибині у 1 км. На кожному з перерізів наведено ізолінії  $\Delta V_p$  у км/с, основні геологічні структури, родовища корисних копалин та профілі ГСЗ.

Загальна характеристика горизонтальних перерізів  $\Delta V_p$  (рис. 5) полягає у наступному. Загалом контури основних геологічних структур КРР знаходять просторове відображення у характері ізоліній  $\Delta V_p$ . Це спостерігається у певних інтервалах глибин, причому розміри та глибина цих інтервалів можуть змінюватись від структури до структури.

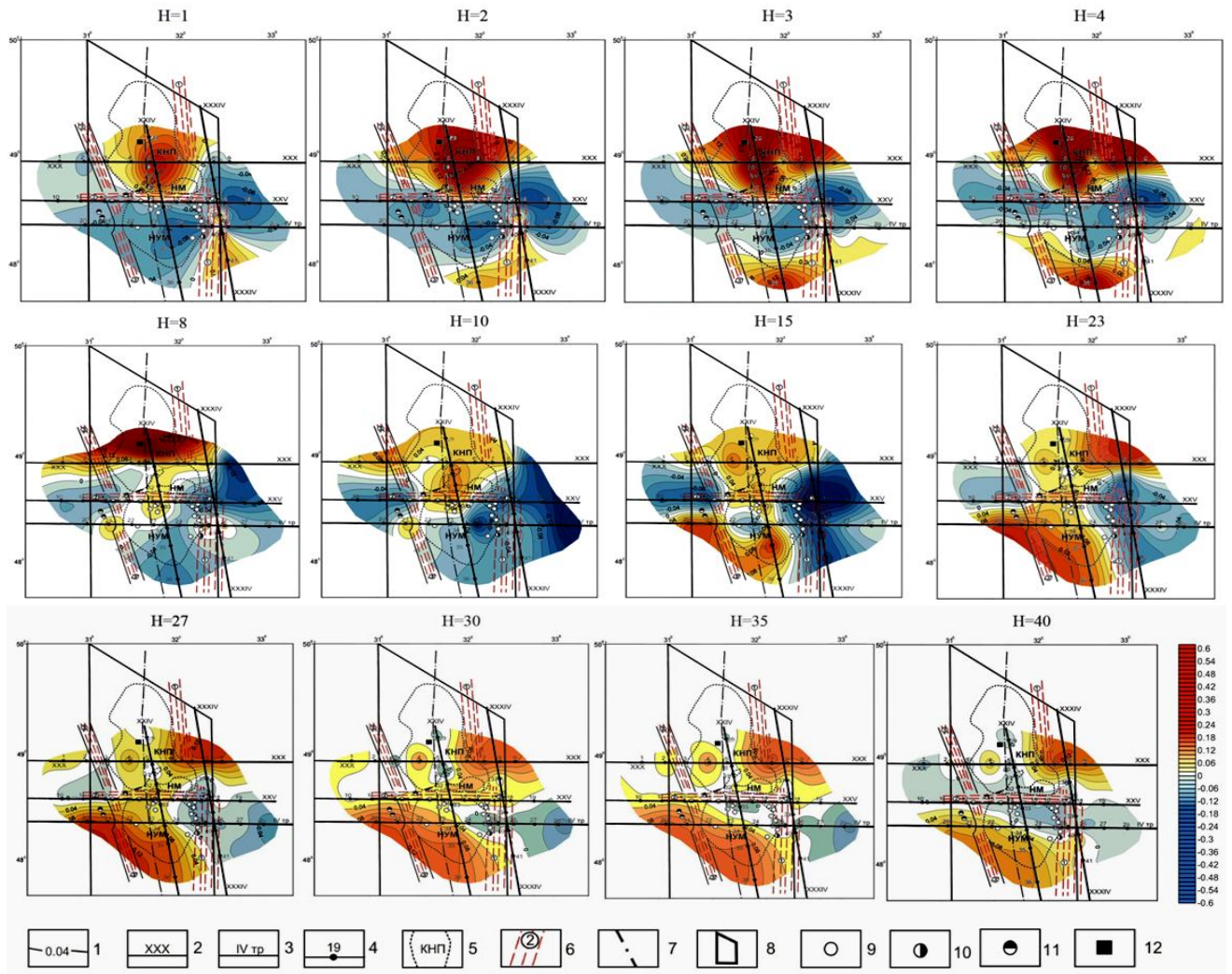


Рис. 5. Горизонтальні перерізи  $\Delta V_p$  та основні структури КРР. Умовні позначення: 1 – ізолінії  $\Delta V_p$ , км/с; 2 – профілі ГСЗ; 3 – геотраверс IV; 4 – точки на профілях, де розраховано графіки  $\Delta V_p=f(H)$ , зображені на рис 3.2; 5 – контури геологічних структур – КНП – Корсунь-Новомиргородський плутон, НУМ – Новоукраїнський масив; 6 – зони розломів (цифри у кружечках): 1 – Кіровоградська, 2 – Суботсько-Мошоринська, 3 – Звенигородсько-Братська; 7 – міжрегіональна зона розтягу Херсон-Смоленськ; 8 – контури Кіровоградського рудного району; 8 – родовища урану; 9 – родовища урану, родовища та рудопрояви золота (10), літію (11), титану (12)

Деякі з досліджуваних структур характеризуються аномаліями  $\Delta V_p$  одного знаку (наприклад, лише позитивними), деякі – як позитивними, так і негативними (від'ємними) аномаліями. З глибиною, при переході від одного перерізу до іншого, конфігурація ізолій  $\Delta V_p$  може майже не змінюватись або змінюватись дуже швидко. Це, напевне, відбиває особливості геологічної будови КРР.

У загальних рисах КНП характеризується переважно підвищеними швидкостями порівняно з іншими структурами КРР. Контури південної та центральної частин КНП впевнено виокремлюються ізоліями позитивних значень  $\Delta V_p$ . Слід підкреслити, що контрастне підвищення швидкостей у центральній і частково південній частинах КНП спостерігається на глибинах 1–8 км, що може пояснюватись підвищеним вмістом порід основного складу (в першу чергу габро-анортозитів), далі перепад швидкостей різко знижується, що вказує на те, що концентрація порід основного складу, які складають верхню частину КНП, нижче вказаних глибин значно зменшується. У роботі [Трипольський, Шаров, 2004] було показано, що розповсюдження високошвидкісних порід в межах КНП обмежується глибиною 4–5 км, тоді як з наведених горизонтальних перерізів випливає, що вони можуть спостерігатися до 8 км.

На відміну від КНП, НУМ характеризується такими особливостями, як, по-перше, змінним полем значень  $\Delta V_p$  – від додатніх до від'ємних, і, по-друге, контури НУМ не завжди збігаються з формою ізолій  $\Delta V_p$ : відносно впевнено НУМ можна виокремити лише на глибинних рівнях 1–4 км. Остання особливість може вказувати на те, що НУМ як геологічна структура не настільки помітно відокремлюється від вмшуючих порід, як КНП. Переважно від'ємні прирости швидкостей на території НУМ пов'язані з кислими породами, що його складають: гранат-біотитовими і біотитовими трахітоїдними гранітами новоукраїнського типу.

Трансрегіональна зона розтягу Херсон-Смоленськ виокремлюється у швидкісному полі  $\Delta V_p$  на глибинах 13–27 км у вигляді смуги підвищених горизонтальних градієнтів при переході від додатніх значень на заході до від'ємних на сході.

Частина Кіровоградської зони розломів, що просторово збігається з ХХХІV профілем, перебуває переважно у полі негативних значень  $\Delta V_p$ . Лише починаючи з глибини 26 км та до 40 км, південь цієї частини перебуває у полі невеликих за абсолютною величиною позитивних значень  $\Delta V_p$ .

В інтервалі глибин 14–27 км південна частина КЗР характеризується значним зменшенням швидкостей, яке фіксується меридіональним і субмеридіональним напрямом ізолій  $\Delta V_p$  та приурочене до зони спряження між НУМ та КЗР. Негативні значення приросту швидкостей в межах цієї зони розломів пояснюються, найімовірніше, значним зниженням щільності порід, яке пов'язане з тріщинуватістю, дробінням, милонітизацією, флюїдами.

Суботсько-Мошоринська зона розломів (СМЗР) загалом перебуває у полі негативних значень  $\Delta V_p$ . Зони милонітизації тут майже відсутні, але решта причин відносного зниження швидкостей – тріщинуватість, дробіння, метасоматоз – , імовірно, такі ж, як і в межах КЗР. Варто відзначити, що зменшення  $\Delta V_p$  під СМЗР, в порівнянні з сусідніми ділянками КРР, починається вже з глибини 8 км. З огляду на те, що північний борт СМЗР проходить по краю габро-анортозитових масивів КНП, які сильно впливають на швидкісну характеристику кори в верхніх її горизонтах, можна очікувати, що розуцільнення кори в межах зони розломів починається з самої поверхні докембрійського фундаменту, але не помітне через цей вплив. Тому можна припустити, що занурення поверхні М («мантійний ров») тут, швидше за все, пов'язано з розуцільненням і кори, і мантії в зоні розломів.

***Розділ 4. Особливості розподілу швидкостей поширення сейсмічних хвиль у земній корі у районі урановорудних полів.***

В межах досліджуваної території у місцях розташування родовищ урану були побудовані вертикальні графіки  $\Delta V_p=f(H)$  до глибини 10 км (рис. 6). На усіх без винятку графіках фіксуються, починаючи з глибини 1 км, негативні значення  $\Delta V_p$ . На усіх графіках, що розташовані найближче до уранових родовищ, негативні значення  $\Delta V_p$  спостерігаються до глибини не менше, ніж 4 км. На багатьох графіках такі значення виокремлюються навіть глибше, аж до глибини у 10 км.

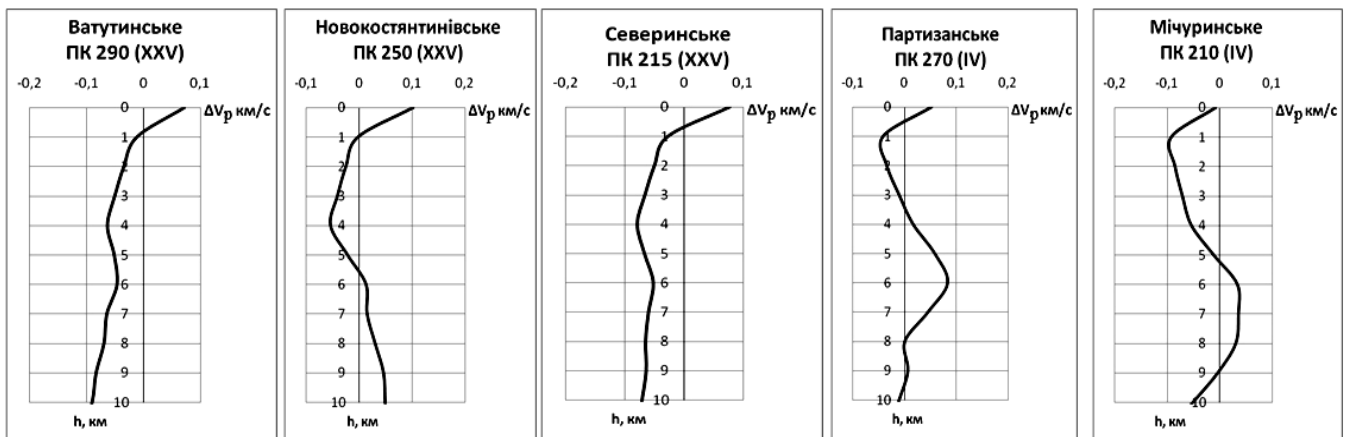


Рис. 6. Вертикальні графіки  $\Delta V_p=f(H)$ , що характеризують величини відхилення швидкостей від нормальних значень  $V_p=f(H)$  у районі розташування урановорудних полів

У роботі наведені горизонтальні перерізи значень  $\Delta V_p$  у районі розташування родовищ урану (рис. 7). На всіх перерізах відзначаються негативні значення  $\Delta V_p$ , що підтверджує висловлену вище думку, що в районі урановорудних полів аномалії  $\Delta V_p$  негативні, а також надає підстави припускати, що рудопрояви урану можуть виявлятися щонайменше до глибини 4 км.

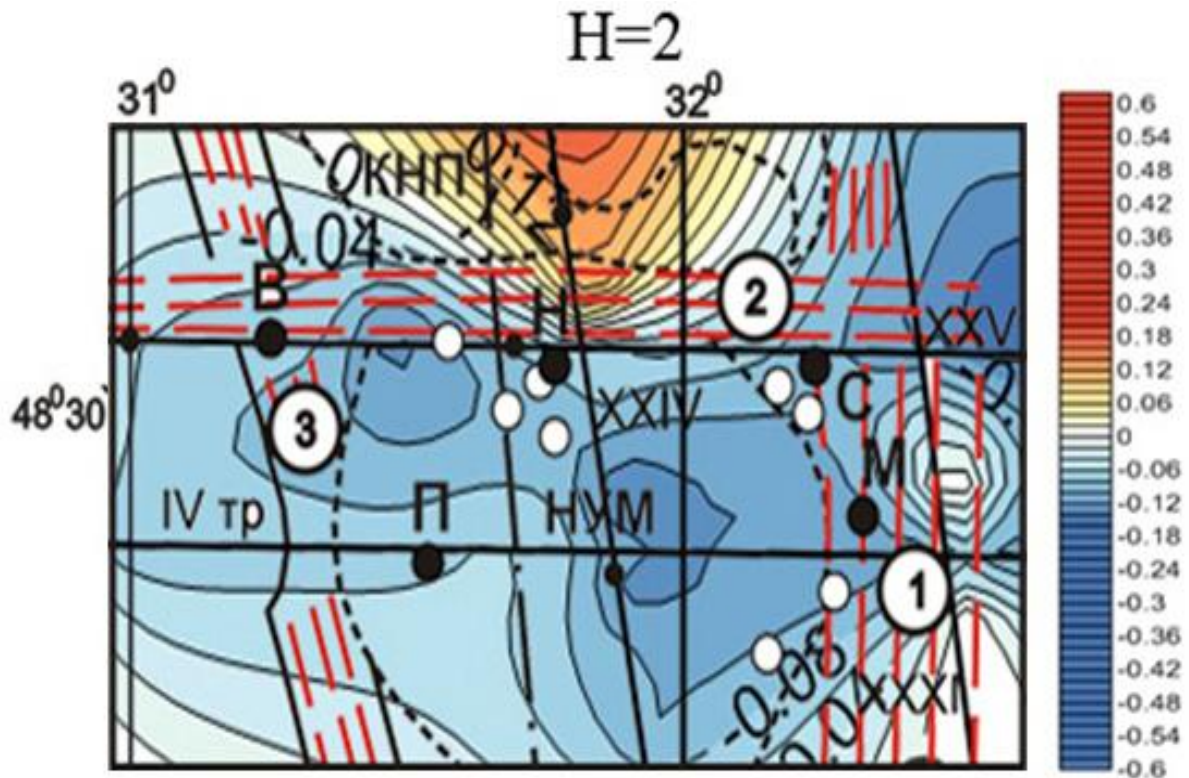


Рис. 7. Карта ізоліній  $\Delta V_p$  на глибинному перерізі 2 км у районі розташування уранових родовищ. 1 – ізолінії  $\Delta V_p$ , км/с; 2 – трансрегіональна зона розтягу Херсон-Смоленськ; 3 – зони розломів (1 – Кіровоградська, 2 – Суботсько-Мошоринська, 3 – Звенигородсько-Братська); 4 – профілі ГСЗ і 5 – геотраверс ГСЗ; 6 – родовища урану; 7 – родовища урану, на яких наведено геологічні розрізи [Старостенко и др., 2010, 2011] (В – Ватутинське, П – Партизанське, Н – Новокостянтинівське, С – Северинське, М – Мічуринське); 8 – контури геологічних структур (КНП – Корсунь-Новомиргородський плутон, НУМ – Новоукраїнський масив)

Розраховані значення вертикальних градієнтів  $G$ ,  $s^{-1}$  в інтервалі глибин 0–4 км показують, що осереднений градієнт в межах усіх родовищ урану ( $0,0350 s^{-1}$ ) (глибини 0–4 км) майже удвічі менший за такий же градієнт у КРР ( $0,0602 s^{-1}$ ), а також помітно менший за осереднений градієнт ( $0,0488 s^{-1}$ ) на усіх ділянках поза цими родовищами. Це доводить, що швидкості на родовищах урану з глибиною зростають повільніше, ніж поза ними.

### ВИСНОВКИ.

1. У результаті застосування методики вивчення просторового розподілу відносних значень швидкостей  $\Delta V_p$  показано, що основні геологічні структури Кіровоградського рудного району – КНП, НУМ, Кіровоградська та Суботсько-



Мошоринська зони розломів, трансрегіональна зона розтягу Херсон-Смоленськ – упевнено виокремлюються у полі швидкостей поширення сейсмічних хвиль. Це відкриває нові можливості для тектонічного районування Інгульського мегаблоку та Українського щита в цілому.

2. Показано, що за швидкісними характеристиками ( $V_p$ ) земна кора КРР є в цілому низькошвидкісною:  $V_{p \text{ КРР}} = 6,55 \text{ км/с}$  проти  $V_p \text{ УЩ} = 6,566 \text{ км/с}$ , хоча окремі структури – КНП (6,59 км/с) і НУМ (6,57 км/с) характеризуються більш високою середньою швидкістю  $V_p$  в порівнянні з такою УЩ. Це означає, що середня швидкість  $V_{p \text{ КРР}}$  знижена відносно середньої швидкості щита в основному за рахунок розуцільнення кори КРР в зонах розломів, які обмежують КНП і НУМ, які розділяють їх, а також інших розломів, які займають велику частину території КРР.
3. Висловлено припущення щодо глибини залягання анортозитів та габро-анортозитів на території КНП, яка може досягати глибини 8 км.
4. Прослідковано зону розуцільнення земної кори в межах СМЗР і КЗР від денної поверхні до глибини залягання межі поділу М, з якою, імовірно, пов'язаний так званий «мантійний ров», тобто заглиблення межі поділу М за рахунок розуцільнення.
5. Висловлено припущення, що встановлений аномально малий вертикальний градієнт швидкості в інтервалі глибин 0–4 км у районі уранових родовищ може вказувати на підвищену концентрацію натрових метасоматитів та уранових руд до глибини щонайменше 4 км.
6. Встановлено зв'язок площ поширення родовищ урану з областями знижених швидкостей  $\Delta V_p$ . Це може розглядатися і як зв'язок родовищ з зонами розломів, адже мінімуми  $\Delta V_p$  та прогини поверхонь  $K_2$  і Мохо всюди збігаються з цими зонами. Імовірно, встановлений пошуковий критерій є комплексним – зона розломів + мінімум  $\Delta V_p$ , адже там, де відсутня одна з цих характеристик, кількість виявлених родовищ різко зменшується.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Монографії:*

1. Скоростные характеристики и глубинное строение земной коры Кировоградского рудного района по данным ГСЗ / Трипольский А. А., Дрогицкая Г. М., Степаненко В. М., Трипольская В. А., Тополук О. В. // Кировоградский рудный район. – К., 2013. – С. 70–92.

### *Статті в наукових виданнях:*

2. Трипільський О. А. Особливості розподілу сейсмічних швидкостей у земній корі Кіровоградського рудного району (КРР) Інгульського мегаблоку

Українського щита. 1 / Трипільський О. А., Тополук О. В., Трипільська В. О. // Геофиз. журн. – 2012. – Т. 34, № 6. – С. 115–124.

3. Трипільський О. А. Особливості розподілу сейсмічних швидкостей у земній корі Кіровоградського рудного району (КРР) Інгульського мегаблоку Українського щита. 2. / Трипільський О. А., Тополук О. В., Трипільська В. О. // Геофиз. журн. – 2013. – Т. 35, № 4. – С. 160–168.

4. Сопоставление скоростных характеристик земной коры Балтийского и Украинского щитов / Н. В. Шаров, А. А. Трипольский, В. А. Трипольская, О. В. Тополук // Геофизика. – 2014. – № 3. – С. 25–31.

5. Трипільський О. А. Особливості розподілу швидкостей поширення сейсмічних хвиль у земній корі у районі уранових родовищ (Кіровоградський рудний район Інгульського мегаблоку Українського щита) / Трипільський О. А., Тополук О. В., Трипільська В. О. // Геофиз. журн. – 2015. – Т. 37, № 8. – С. 168–175.

*Тези доповідей і матеріали конференцій:*

6. Тополук О. В. Особливості структури земної кори Інгульського мегаблоку Українського щита / Тополук О. В., Трипільський О. А., Трипільська В. О. // Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах : матеріали наук. конф.-семінару, присвяченої 80-річчю з дня народження Тараса Зиновійовича Вербицького, 29–30 трав. 2012 р. – Львів, 2012. – С. 135–136.

7. Трипільський О. А. Сейсмічність центральної частини Українського щита та її зв'язок з геологічними особливостями району / Трипільський О. А., Тополук О. В., Семенова Ю. В. // Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах : матеріали наук. конф.-семінару, присвяченої 80-річчю з дня народження Тараса Зиновійовича Вербицького, 29–30 трав. 2012 р. – Львів, 2012. – С. 137–138.

8. Тополук О. В. Особенности распределения сейсмических скоростей в земной коре Кировоградского рудного района Ингульского мегаблока Украинского щита / Тополук О. В., Семенова Ю. В., Трипольский А. А. // Фундаментальная и прикладная геологическая наука: достижения, перспективы, проблемы и пути их решения : материалы 5-ой междунар. науч. конф. молодых ученых и студ., 14–15 нояб. 2013 г. – Азербайджан, Баку, 2013. – С. 32–323.

## АНОТАЦІЯ

**Тополук О. В. Швидкісні моделі основних геологічних структур Кіровоградського рудного району за даними ГСЗ та їх значення для вивчення глибинної будови земної кори та пошуків родовищ корисних копалин. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика. – Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, Київ, 2016.

Дисертаційна робота присвячена вивченню особливостей розподілу швидкостей поширення сейсмічних хвиль ( $V_p$ ) за даними ГСЗ в земній корі Кіровоградського рудного району та їх зв'язок з геологічною структурою району і ділянками розвитку урановмісних метасоматитів.

У роботі запропоновано вивчати не абсолютні, а відносні значення швидкостей поширення сейсмічних хвиль ( $\Delta V_p$ ). У результаті застосування такої методики показано, що основні структури Кіровоградського рудного району (Корсунь-Новомиргородський плутон, Новоукраїнський масив, зони розломів) впевнено виокремлюються у полі швидкостей поширення сейсмічних хвиль, що відкриває нові можливості для тектонічного районування території Кіровоградського рудного району та Українського щита в цілому. Також встановлений зв'язок площ поширення родовищ урану з областями знижених швидкостей  $\Delta V_p$ .

**Ключові слова:** сейсмічні моделі, сейсмічні хвилі, швидкості, відносні швидкості, земна кора, глибинне сейсмічне зондування, зона розломів, Кіровоградський рудний район, Новоукраїнський масив, Корсунь-Новомиргородський плутон.

## АННОТАЦИЯ

**Тополук О. В. Скоростные модели основных геологических структур Кировоградского рудного района по данным ГСЗ и их значение для изучения глубинного строения земной коры и поисков месторождений полезных ископаемых.** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22 – геофизика. – Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена изучению особенностей распределения скоростей распространения сейсмических волн ( $V_p$ ) по данным ГСЗ в земной коре Кировоградского рудного района и их связи с геологическим строением района и местами развития урановых метасоматитов.

В работе предложено изучать не абсолютные, а относительные значения скоростей распространения сейсмических волн ( $\Delta V_p$ ). В результате использования этой методики показано, что основные структуры Кировоградского рудного района (Корсунь-Новомиргородский плутон, Новоукраинский массив, Кировоградская и Субботско-Мошоринская зоны разломов) уверенно выделяются в поле скоростей распространения сейсмических волн. Каждая из вышеперечисленных структур имеет свои сейсмические особенности: Корсунь-Новомиргородский плутон характеризуется повышенными значениями  $\Delta V_p$ , особенно в верхней части коры, благодаря наличию габро-анортозитов; Новоукраинский массив связан с преимущественно небольшими отрицательными значениями  $\Delta V_p$ ; Кировоградская и

Субботско-Мошоринская зоны разломов характеризуются значительными отрицательными аномалиями  $\Delta V_p$  почти во всей толщине земной коры.

В диссертационной работе исследованы особенности площадей распространения урановых метасоматитов, для которых хатактерными оказались отрицательные аномалии  $\Delta V_p$ , а также аномально низкие значения вертикального градиента.

**Ключевые слова:** сейсмические модели, сейсмические волны, скорости, относительные скорости, земная кора, глубинное сейсмическое зондирование, зона разломов, Кировоградский рудный район, Новоукраинский массив, Корсунь-Новомиргородский плутон.

### ABSTRACT

**Topoliuk O. V. Expressway models of the main geological structures of the Kirovograd ore district, according to the DSS and their importance for the study of the deep structure of the crust and the search for mineral deposits. – Manuscript.**

The thesis for the degree of Candidate in geological sciences in specialty 04.00.22 – Geophysics. – S. I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis devoted to studying of velocities of the seismic waves peculiarities distributions in the Earth`s crust of the Kirovograd ore district using the Deep Seismic Sounding (DSS) data. Comparison of velocities of the seismic waves and geological structure of the region and districts of the uranium metasomatites was studied. It was proposed to research the relative but not absolute values of the velocities of the seismic waves.

Applying of this method shows that the main structures of the Kirovograd ore district (Korsun-Novomyrgorod pluton, Novoukrainka massif and deep fault zones) are distinguished clearly in the seismic wave field.

These results open new possibilities for tectonic zoning of the Kirovograd ore district and of the Ukrainian shield.

It was established relation between areas of the uranium ore deposits and areas of velocity minimums.

It is a new qualitative step in interpretation of the DSS materials registrated at the territory of the Precambrian shield.

**Keywords:** seismic models, seismic wave velocity, the relative velocity, deep seismic sounding, fault zone, Kirovograd ore district, Novoukrainian massive, Korsun-Novomirgorod pluton.