



**СТАРОСТЕНКО
Віталій Іванович** —
академік НАН України,
директор Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України,
голова наукової ради цільового
проекту «Геофізичні
дослідження літосфери
зони зчленування
Східно-Європейської
та Західно-Європейської
платформ України у зв'язку
з перспективами
нафтогазоносності»

ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ЦІЛЬОВОГО ПРОЄКТУ «ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІТОСФЕРИ ЗОНИ ЗЧЛЕНУВАННЯ СХІДНО-ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ТА ЗАХІДНО- ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМ УКРАЇНИ У ЗВ'ЯЗКУ З ПЕРСПЕКТИВАМИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ»

**Стенограма доповіді на засіданні Президії
НАН України 24 листопада 2021 року**

У доповіді наведено найважливіші результати, отримані під час виконання зазначеного проекту, які мають вагоме значення для пошуків мінеральних та енергетичних ресурсів у надрах України і дають нову унікальну інформацію про природу тектонічних процесів, що впливають на формування та розташування родовищ корисних копалин. Сформульовано науково обґрунтовані пропозиції для проведення геолого-пошукових робіт на корисні копалини у зоні зчленування Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ на території України.

Шановний Анатолію Глібовичу!

Шановні члени Президії! Шановні колеги!

Згідно з прийнятим у 2019 р. постановою Президії НАН України документом «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних, суспільних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2019—2023 роки», для геофізики одними з пріоритетних напрямів визначено «вивчення глибинної будови літосфери методами геофізики з метою пошуку корисних копалин» та «розроблення теорії, методики, апаратури для забезпечення геофізичних досліджень». Цільовий проект «Геофізичні дослідження літосфери зони зчленування Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ України у зв'язку з перспективами нафтогазоносності», який виконувався у 2017—2021 рр., та проект, що планується на 2022—2026 рр., відповідають цим напрямам та вимогам.

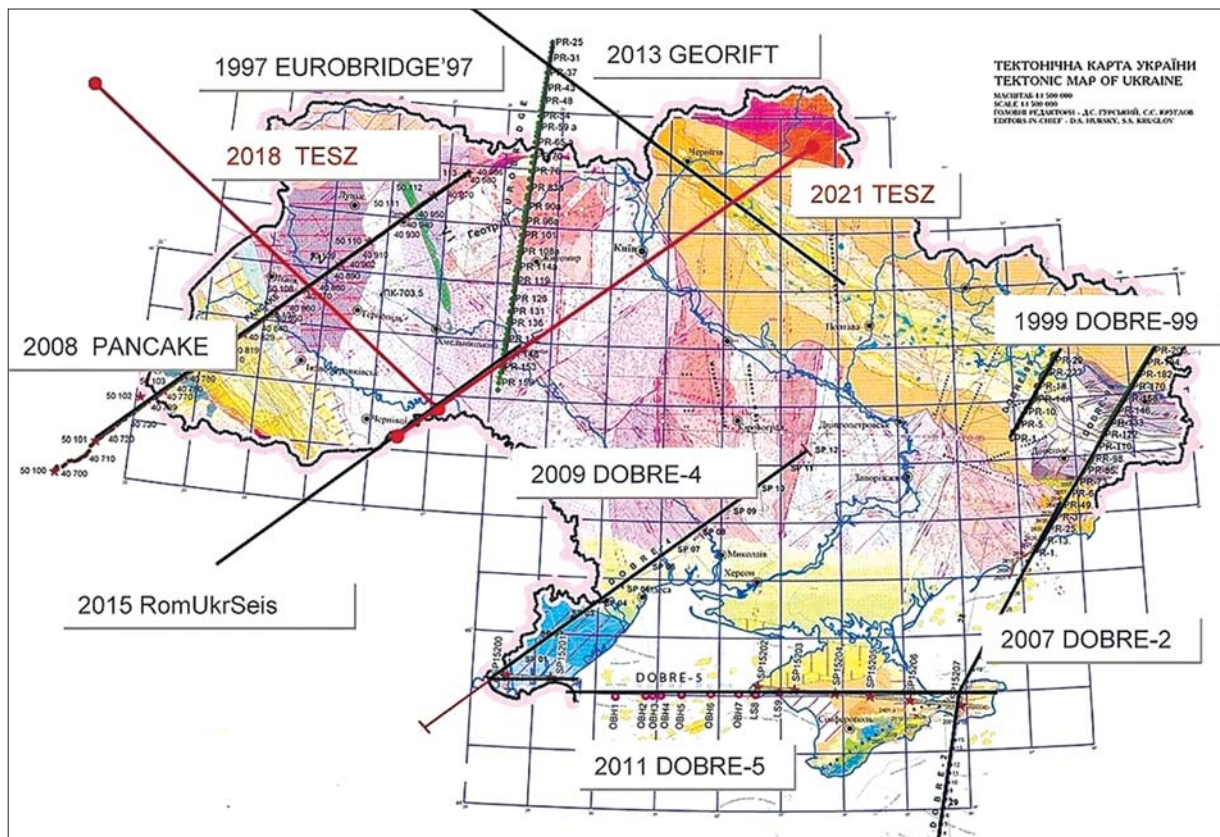


Рис. 1. Тектонічна карта України з розташуванням регіональних сейсмічних профілів ГСЗ, досліджених у попередні роки та в рамках зазначеного проекту: TESZ-2018 (довжина профілю – 550 км, кількість сейсмостанцій – 320) і TESZ-2021 (довжина профілю – 650 км, кількість сейсмостанцій – 264) (TESZ-2018 і TESZ-2021 показано червоними лініями)

Наука про глибинну будову літосфери та верхньої мантії є одним із напрямів у рамках глобальної проблеми вивчення надр земної кулі. Підґрунтя для з'ясування фундаментальних питань глибинної будови геологічних структур створюють дослідження літосфери за допомогою геолого-геофізичних методів, насамперед методу глибинного сейсмічного зондування, що дає структурну основу для подальших геолого-геофізичних побудов.

Протягом останніх 25 років Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України здійснив серію масштабних сейсмічних досліджень, спрямованих на вивчення глибинної будови літосфери, що дало змогу детально вивчити будову земної кори та верхньої мантії всіх великих тектонічних структур, які складають

літосферу в межах України та прилеглих територій. Ці дослідження координуються та виконуються в рамках низки міжнародних програм. Отримані результати не лише мають фундаментальне значення, а й є необхідною передумовою для проведення пошуків у надрах Землі мінеральних та енергетичних ресурсів. Якість оцінки прогнозних запасів залежить від повноти знань про геологічне середовище, його глибинну будову і геодинамічні процеси, що сформували його сучасну будову. Ширококутові сейсмічні спостереження можна застосовувати для пошуків каналів міграції глибинних флюїдів, які є джерелом покладів нафти і газу, а також інших корисних копалин. Уточнені і доповнені знання про глибинну будову нафтогазоносного регіону впливають на

достовірність подальших детальних пошуків родовищ сировинно-мінеральної бази країни.

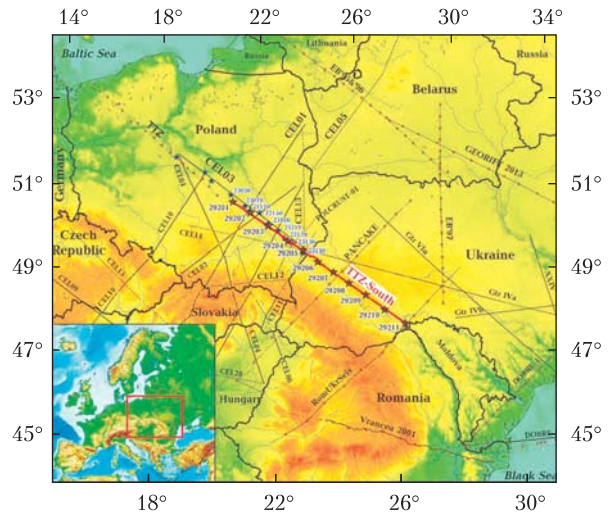
У рамках ширококутових сейсмічних проєктів у польових експериментах, проведених на території України та Польщі, брали участь співробітники українських геофізичних організацій (Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, ДГП «Укргеофізика» та «Спецвзбухпром»), науковці Інституту геофізики Польської академії наук та деякі провідні фахівці Європи (Геофізичний центр Потсдама, Німеччина). За допомогою ширококутових сейсмічних досліджень було вивчено кілька розломів і шовних зон, які розмежовують структури різного порядку і віку. Це шовні зони розділяють Східно-Європейську та Західно-Європейську платформи, Скіфську плиту, Гірський Крим і Чорноморську западину (рис. 1).

У 2018 р. було проведено новий експеримент уздовж профілю TESZ (TTZ-South) (рис. 2), спрямований на дослідження будови земної кори та верхньої мантії Землі вздовж Транс'європейської шовної зони (зона зчленування Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ).

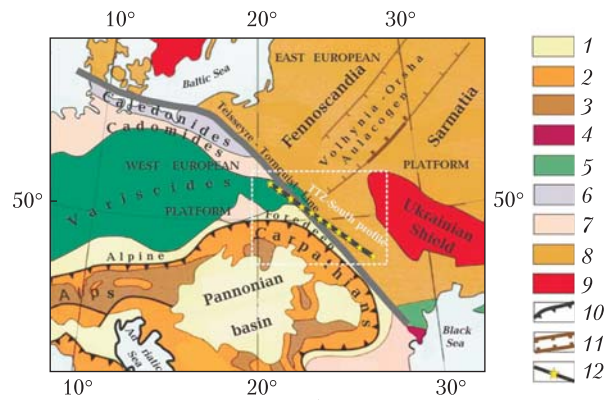
Слід зазначити, що зона Тейссейре–Торнквіста (TTZ) є фундаментальною тектонічною межею в Європі. Уперше її простежили наприкінці XIX – на початку XX ст. польський геолог Вавжинець Тейссейре та німецький геолог і палеонтолог Олександр Торнквіст на основі відмінностей осадового покриву та магнітних аномалій Східно-Європейської і Західно-Європейської платформ. На їх честь цю лінію й було названо лінією Тейссейре–Торнквіста.

Профіль простягається вздовж складної перехідної зони земної кори, яка відокремлює архейсько-палеопротерозойську літосферу Східно-Європейської платформи від літосферних тектонічних доменів, які формувалися під час каледонського та герцинського орогенезу з накладеним альпійсько-карпатським орогенезом.

У результаті опрацювання сейсмічних даних було побудовано швидкісну модель по

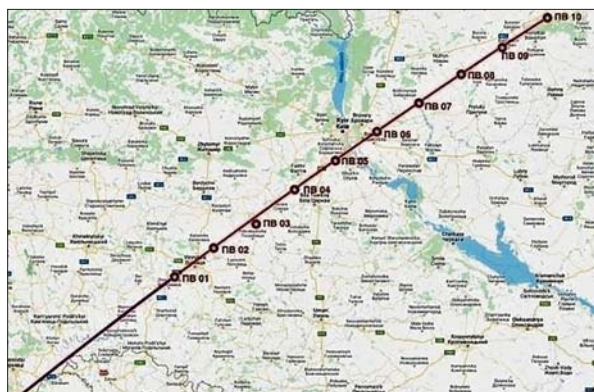


a

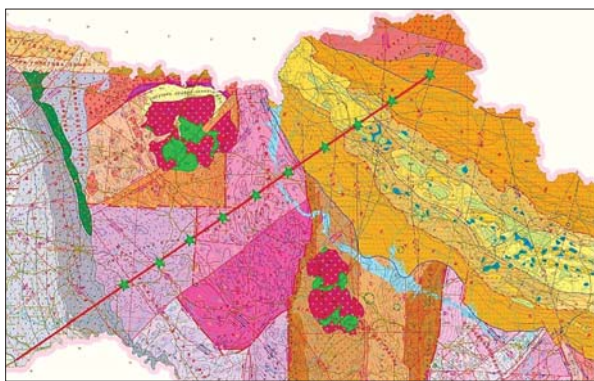


b

Рис. 2. Розташування профілю TTZ-South на географічній карті (a) та на спрощеній тектонічній схемі (б), побудованій на основі Геологічного атласу Польщі [Nawgocki, Becker, 2017]: 1 – альпійський прогин та внутрішньогірські басейни; 2 – альпійський складчастий пояс; 3 – герцинські та давніші масиви в межах альпійського поясу; 4 – кімерійський складчастий пояс; 5 – герцинський складчастий пояс, переважно під пермсько-кайнозойським чохлам; 6 – каледонський складчастий пояс під девон-кайнозойським чохлам; 7 – кадомський (байкальський) фундамент під палеозойсько-кайнозойським чохлам; 8 – архейський і протерозойський кристалічний фундамент під чохлам, від вендського (едакарського) до кайнозойського часу; 9 – архейський і протерозойський фундамент; 10 – альпійський фронт насуву; 11 – неопротерозойський континентальний рифт (авлакоген); 12 – профіль TTZ-South із пунктами вибуху



а



б

Рис. 3. Розташування профілю TESZ-2021 на географічній карті (а) та на тектонічній схемі (б), побудованій на основі тектонічної карти ДНВП «Геоінформ України». Профіль перетинає Волино-Подільську плиту (Волино-Подільську монокліналь), Український кристалічний щит (Дністровсько-Бузький мегаблок, Росинсько-Тикицький мегаблок), Дніпровсько-Донецьку западину (південна бортова зона, південна прибортова зона, центральна зона, північна прибортова зона, північна бортова зона)

профілю TTZ-South та виконано її тектонічну інтерпретацію з урахуванням новітніх геолого-геофізичних матеріалів.

Експеримент TTZ-South є найновішим серед сейсмічних досліджень методом глибинного сейсмічного зондування, виконаних у Східній Європі вздовж лінії, орієнтованої з північного заходу на південний схід. У ньому застосовано також новітні системи опрацювання даних. Профіль TTZ-South завдовжки

~550 км проходить уздовж південно-західного краю східноєвропейського кратону на південному сході Польщі (230 км) та заході України (320 км).

Польові роботи по профілю TTZ-South проведено за системою профілювання за допомогою автономних цифрових сейсмічних станцій Texan та Data Cube. На території України було задіяно 178 станцій для розташування на пунктах спостережень уздовж сегменту профілю довжиною 312 км. Ініціювання сейсмічних хвиль здійснювалося з шести пунктів вибухів. Відстань між пунктами вибухів становила 45–60 км, відстань між сейсмічними станціями — 1,9 км. На кожному пункті вибуху встановлювалися 2 сейсмічні станції для визначення часу вибуху. Відпрацювання профілю на території України здійснювалося з двох баз (дільниць), розташованих у Львівській і Тернопільській областях.

Процес комп'ютерної обробки даних глибинного сейсмічного зондування можна умовно поділити на три етапи: перший — запис вимушених сейсмічних коливань під час польових робіт та формування загального файлу даних, зареєстрованих на станціях Texan та Data Cube; другий — первинна обробка польових матеріалів, одержання зведених монтажів сейсмограм для кожного пункту вибуху; третій — математична обробка сейсмічних записів з метою підвищення співвідношення сигнал-перешкода і візуалізація матеріалів.

Проведено променеве сейсмічне моделювання для інтерпретації даних глибинного сейсмічного зондування за профілем TTZ-South. Виконано розрахунок швидкісної моделі за допомогою інверсії перших вступів сейсмічних хвиль. Розраховано синтетичні сейсмограми для уточнення швидкісної моделі вздовж профілю за допомогою повнохвильового моделювання.

Повнохвильове моделювання TTZ здійснювали на основі розроблених в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України грид-технологій, які дозволяють перерозподіляти процес математичного обчислення однієї задачі одночасно на багатьох процесорах.

Такий кластерний підхід істотно зменшив час розрахунку геологічної моделі. Повнохвильові моделі використовують у публікаціях, зокрема закордонних, як доказову базу правильності побудови та інтерпретації швидкісної моделі.

За підтримки Уряду України та Президії НАН України у 2021 р. Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України виконав ще один масштабний польовий експеримент, який є продовженням серії сейсмічних досліджень літосфери та верхньої мантиї на території України. В період з 23 липня по 10 серпня 2021 р. за проектом TESZ-2021 було виконано найбільш витратні роботи — експериментальні сейсмічні дослідження по профілю TTZ-21 (SHIELD-21), а саме, встановлення автономних сейсмічних станцій та проведення буровибухових робіт (рис. 3).

Профіль простягається майже через усю Україну з південного заходу на північний схід, перетинаючи Чернівецьку, Хмельницьку, Вінницьку, Житомирську, Київську, Чернігівську та Сумську області. Загальна довжина профілю — близько 650 км.

Польові роботи проводили за системою профілювання за допомогою автономних цифрових сейсмічних станцій Texan та Data Cube. Всього було задіяно 264 сейсмічні станції. Дослідження виконували у тісній співпраці з Інститутом геофізики Польської академії наук, який надав 240 станцій для спостереження сейсмічних хвиль. Польські колеги також брали участь у польових роботах. Додатково було встановлено станції для реєстрації моментів вибухів. Середня відстань між пунктами вибуху становила 50 км, а між пунктами спостереження — близько 2,65 км. Інтервал дискретизації для всіх станцій — 0,01 с. Інститут геофізики ПАН, як завжди, працював за рахунок власних коштів. В обробці матеріалів та їх інтерпретації брав участь також Геофізичний центр Потсдама (Німеччина).

Вивчення закономірностей глибинної будови та геодинамічного розвитку літосфери за профілем дасть змогу пояснити вплив геодинамічної зональності на формування структур консолідованої кори та осадового чохла, що

необхідно для оцінки перспектив нафтогазоносності зазначених регіонів.

Експеримент було реалізовано з метою отримання детальної моделі швидкісної будови земної кори та верхньої мантиї Західно-Європейської платформи. Особливу увагу приділено вивченню споріднених структур та будові перехідної зони між платформами і прилеглими блоками земної кори, а також будові осадових товщ, які лежать вище і, як вважається, мають перспективи нафтогазоносності. Зараз триває обробка отриманих результатів.

За підготовкою і здійсненням першого вибуху на Київщині спостерігала знімальна група програми ТСН телеканалу «1+1», журналісти якої також брали інтерв'ю у співробітників Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України.

Отже, під час виконання цільового проекту за період 2017–2021 рр. було отримано такі найважливіші результати:

- проведено експериментальні дослідження методом глибинного сейсмічного зондування;
- побудовано моделі геологічного розрізу Землі по лінії профілів до глибини 50 км;
- удосконалено методи моделювання сейсмічних хвиль для зон зчленування рифтових структур;
- удосконалено теорії та алгоритми методів міграції заломлених та закритичних відбитих сейсмічних хвиль;
- побудовано сейсмотомографічні моделі літосфери у зонах зчленування геологічних структур у межах Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ;
- пояснено геодинаміку верхньої частини мантиї та її вплив на формування родовищ вуглеводнів у осадових породах;
- виявлено можливі шляхи міграції вуглеводнів та пояснено природу їх виникнення.

Крім того, створено багатофункціональні автономні сейсмічні станції для вирішення фундаментальних і прикладних завдань сейсміки.

Усі виконані в рамках проекту роботи були дуже успішними, здобули високу оцінку світової геофізичної спільноти, а деякі їх результа-

ти узагальнено в монографії «Глибинна будова літосфери та сейсмічна небезпека території України» (2019) та в 26 наукових статтях, опублікованих у найпрестижніших профільних журналах світу. Також за темою цільового наукового проєкту отримано 4 патенти на винаходи, захищено дві докторські і одну кандидатську дисертації. За цикл робіт, викладених у монографії «Глибинна будова літосфери та сейсмічна небезпека території України», колективу співробітників Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки за 2019 р.

Надалі ми плануємо продовжити ці дослідження в рамках нового проєкту на 2022–2026 рр. За основну мету ставимо наукову підтримку забезпечення потреб національної економіки в мінерально-сировинних ресурсах, зокрема обґрунтування пріоритетних напрямів робіт, спрямованих на збільшення власного видобутку корисних копалин, прогнозування рудних зон та нафтогазоперспективності території України.

Територія України, центральну частину якої складає Український щит, є перспективною для пошуку родовищ рудних та рідкісних металів, але недостатньо дослідженою в глибинному плані. Найменш дослідженою з використанням засобів сучасної глибинної сейсміки є центральна частина Українського щита (Кіровоградський та Середньопридніпровський блоки і зони їх зчленування з прилеглими структурами).

Заплановано проведення досліджень літосфери і геодинамічних процесів південно-західної та центральної частини Українського щита, куди входить Побузький гірничорудний район та Криворізька розломна зона, що містить знамените родовище залістистих кварцитів, які є основною сировиною для металургійної промисловості України. Аналогічні за віком та складом залістисті кварцити відомі на всіх давніх кратонах світу і відображають фундаментальний етап розвитку Землі, що робить

ці дослідження міжнародно значущими. Центральна частина Українського щита є перспективною в плані покладів рудних та рідкісних металів.

Головними напрямками майбутніх робіт є такі:

- проведення експериментальних досліджень методами глибинного сейсмічного зондування;
- удосконалення методів моделювання сейсмічних хвиль для архейсько-протерозойських блоків Українського щита та зон їх зчленування;
- удосконалення теорії та алгоритмів методів міграції заломлених та закритичних відбитих сейсмічних хвиль;
- побудова сейсмічних зображень методом міграції заломлених та закритичних відбитих сейсмічних хвиль по нових профілях;
- побудова 3D-сейсмотомографічних моделей літосфери Українського щита та 2D-моделей уздовж нових профілів;
- удосконалення методів тривимірного геоелектричного моделювання;
- аналіз закономірностей зв'язку рудних проявів та родовищ корисних копалин з аномаліями високої електропровідності.

У результаті проведення цих робіт планується створити нову комплексну геолого-геофізичну модель Українського щита, геодинамічну модель формування давньої континентальної кори Українського щита в архей-протерозой та подальшого її розвитку в окраїнних зонах в палеозой, а також розробити моделі глибинної будови та формування рудних зон району вивчення. Це дозволить вирішити складні геолого-тектонічні проблеми цього регіону України, збагатить фундаментальні і прикладні аспекти геології та розширить перспективи детальних пошуків корисних копалин. Методологічні розробки підвищать якість наукових досліджень завдяки використанню створених моделей надр та корисних копалин у них, а також сприятимуть вивченню фізичних властивостей порід земної кори та мантії.

Дякую за увагу!

За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик

Vitaly I. Starostenko

Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORGID: <https://orcid.org/0000-0002-7960-0011>

ON THE RESULTS OF THE TARGET PROJECT "GEOPHYSICAL STUDIES
OF THE LITHOSPHERE OF THE JOINT ZONE OF THE EASTERN EUROPEAN
AND WESTERN EUROPEAN PLATFORMS OF UKRAINE IN CONNECTION
WITH THE PROSPECTS OF OIL AND GAS"

Transcript of the report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, November 24, 2021

The report presents the most significant results obtained during the project, which are important for the search for mineral and energy resources in the depths of Ukraine and provide new unique information about the nature of tectonic processes affecting the formation and location of mineral deposits. Scientifically substantiated proposals for conducting geological prospecting works for minerals in the area of joint of the Eastern European and Western European platforms on the territory of Ukraine are formulated.

Keywords: deep lithosphere structure, deep seismic sounding, Eastern European platform, Western European platform, joint zone, TTZ.