

# З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ



**СТАРОСТЕНКО**  
**Віталій Іванович** —  
академік НАН України,  
директор Інституту геофізики  
ім. С.І. Субботіна НАН України

## **ПРО ВИКОНАННЯ НАУКОВОГО ПРОЕКТУ «ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІТОСФЕРИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТА ПІВНІЧНОГО РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ДЛЯ ОЦІНКИ ПЕРСПЕКТИВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ (GEORIFT)»**

**Стенограма наукової доповіді на засіданні  
Президії НАН України 11 січня 2017 року**

*У доповіді розглянуто важливість вивчення глибинної будови літосфери України з використанням геофізичних методів досліджень як основи для пошуків мінеральних та енергетичних ресурсів країни, а також обговорено результати виконання наукового проекту «Геофізичні дослідження літосфери центрального та північного регіонів України для оцінки перспектив нафтогазоносності (GEORIFT)».*

Шановний Борисе Євгеновичу!

Шановні члени Президії! Шановні присутні!

Світовий досвід пошуків та відкриття родовищ корисних копалин свідчить, що в наш час жодна свердловина на нафту, газ, залізу, уранову чи іншу руду, золото чи алмази не закладається без ґрунтового дослідження території з використанням комплексу геофізичних методів. Фонд родовищ, що виходять на земну поверхню, вже давно вичерпано (особливо в Україні) і геологорозвідувальні роботи поширюються на досить великі глибини, де шукати родовища без геофізики неможливо. До цього слід додати, що останнім часом з'являється все більше доказів на користь мантійного походження основної маси родовищ корисних копалин, розміщених у приповерхневих шарах земної кори, навіть таких, як родовища вуглеводнів. І, головне, шляхи, по яких рудна чи вуглеводнева речовина просувається до поверхні, — це розломи, що заглиблюються в мантію на сотні кілометрів. І ці шляхи добре простежуються сучасними методами глибинної геофізики.

Надзвичайно важливу роль відіграють геофізичні методи при пошуку, розвідці та експлуатації нафтових і газових родовищ. Причому їхня роль істотно зростає на сучасному етапі, коли йдеться про відкриття родовищ на глибинах 6–7 км, оскільки вартість буріння однієї свердловини на такій глибині зростає до десятків, а то й сотень мільйонів доларів США. Саме за результатами геофізичних досліджень у глибинних горизонтах земної кори Дніпровсько-Донецької западини, яка на сьогодні є основним нафтогазовидобувним регіоном України, виявлено тріщинуваті пласти, зони міграції глибинних флюїдів, розущільнені породи в кристалічних породах фундаменту, які можуть бути перспективними для відкриття нових газових родовищ.

Отже, геофізичні дослідження глибинної будови літосфери території України — це (як і раніше) основа пошуків мінеральних та енергетичних ресурсів країни, нарощування яких має виняткове значення для укріплення нашої економіки. Найперспективнішим методом геофізичних досліджень є глибинне сейсмічне зондування (ГСЗ).

У рамках проекту GEORIFT в 2012–2016 рр. за підтримки Уряду України виконано польові роботи методом ГСЗ за профілями GEORIFT-2013 і RomUkrSeis. Крім того, проведено інтерпретацію, переінтерпретацію, узагальнення та опубліковано в найпрестижніших міжнародних журналах і монографіях матеріали результатів спостережень, отриманих за профілями проектів DOBRE, польові роботи по яких відпрацьовано в попередні роки. Усі дослідження проводилися силами українських геофізичних організацій (Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України та Державне геофізичне підприємство «Укргеофізика») у співпраці з багатьма науковими геолого-геофізичними центрами Європи. Причому слід зауважити, що зарубіжні колеги виконували свою частину робіт власним коштом. Сейсмічні профілі проектів GEORIFT та DOBRE перекривають основні рудо- і нафтогазоносні регіони України.

Усього за проектами DOBRE та GEORIFT відпрацьовано понад 3500 км профілів і ство-

рено базу сейсмічних записів цифрових станцій. Для всіх профілів побудовано швидкісні моделі розрізу, для яких розрахункові та спостережені годографи відрізняються не більш ніж на 100 мс, що є загальноприйнятною похибкою в подібних дослідженнях. Обробку матеріалів виконано з використанням сучасних методів променевого та повнохвильового моделювання сейсмічного поля.

Результати променевого моделювання, яке спочатку здійснювали на звичайних персональних комп'ютерах, потім було протестовано за допомогою моделювання повнохвильового поля на сучасних суперкомп'ютерах — кластерах та ґридах, оскільки ці розрахунки потребують значних комп'ютерних ресурсів.

Обчислення, в основу яких покладено скінченнорізнцеву схему для диференціальних рівнянь, що описують поширення сейсмічних хвиль, виконували на кластері СКІТ Інституту кібернетики НАН України. Крім того, задачу було розпаралелено на двох кластерах Українського національного ґриду — на кластері Київського політехнічного інституту та на кластері СКІТ. Ці ж самі розрахункові потужності використовувалися при застосуванні методу міграції рефрагованих хвиль з метою вивчення глибинної будови земної кори.

Слід зазначити, що у світовій практиці при інтерпретації регіональних сейсмічних профілів повнохвильове математичне моделювання поширення сейсмічних хвиль було виконано та опубліковано вперше.

На основі даних про швидкості поширення сейсмічних хвиль для різних геологічних порід за швидкісними моделями побудовано сейсмогеологічні розрізи.

Профілі DOBRE та DOBRE-2 (Біловодськ — Маріуполь — Чорне море) є найбільшим в Україні безперервним геотраверсом довжиною 775 км, який простягається від Воронезького масиву в межах Східно-Європейської платформи до Чорного моря. Він висвітлює тектонічні структури, що утворювалися від докембрію до кайнозою. Основною метою проекту DOBRE-2 було з'ясування тектонічної історії цього ключового сегмента південної око-

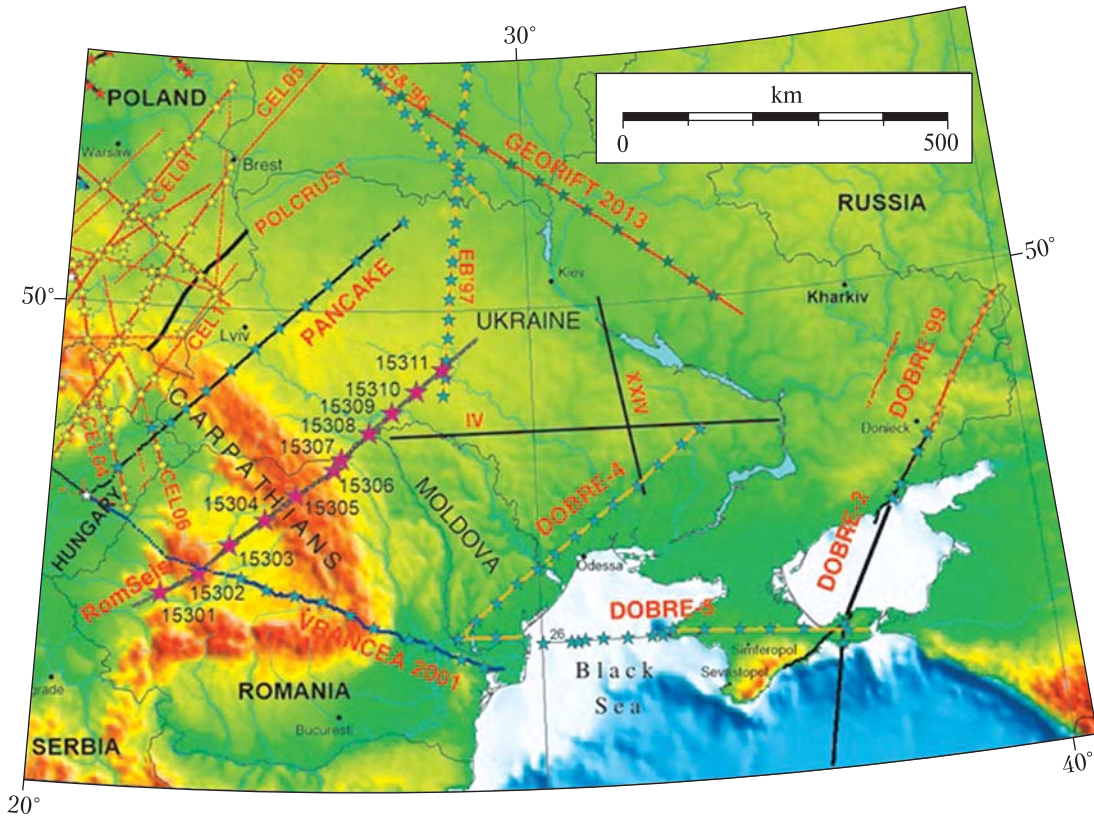


Схема сейсмічних спостережень методом глибинного сейсмічного зондування на території України

лиці європейського континенту. У свою чергу, вивчення особливостей межі між корою та осадовими шарами дало можливість дослідити еволюцію осадових послідовностей та наявних у них систем вуглеводнів.

Профіль PANCAKE (DOBRE-3) розташований у напрямку Дебрецен (Угорщина) — Рівне (Україна). Матеріали профілю дозволяють вивчати структурні елементи земної кори та верхньої мантії в зоні контакту карпатського орогену зі Східно-Європейською платформою, дослідити історію їх утворення та розвитку і на цій основі прогнозувати поклади вуглеводнів та інших корисних копалин.

Для вивчення структури літосфери на півдні України було проведено ширококутні сейсмічні дослідження з реєстрацією відбитих і заломлених хвиль за профілем DOBRE-4 (Рені — на північ від Кривого Рогу). У польових роботах було реалізовано 14 хімічних пунктів вибуху

через кожні 35–50 км, потужність заряду яких коливалася від 600 до 1000 кг. Усього було задіяно 230 станцій запису, які розміщувалися приблизно через кожні 2,5 км. Висока якість отриманих даних дозволила виконати моделювання швидкісного розрізу вздовж профілю для поздовжніх  $P$ - і поперечних  $S$ -хвиль. Для сейсмічного моделювання було застосовано два методи. Спочатку було виконано променеве моделювання методом проб і помилок, яке використовує часи вступів основних відбитих і заломлених  $P$ - та  $S$ -фаз хвиль. Далі амплітуди записаних фаз було проаналізовано із застосуванням скінченнорізницевого повнохвильового моделювання.

Отримана швидкісна модель показує досить однорідну структуру від середньої до нижньої кори як вертикально, так і горизонтально. Зовсім інша ситуація спостерігається у верхній корі, де швидкості  $V_p$  зменшуються вгору від

6,35 км/с на глибинах 15–20 км до 5,8 км/с на поверхні кристалічного фундаменту. Також швидкості зменшуються в неопротерозойських і палеозойських відкладах — від 5,15 до 3,80 км/с і в мезозойських шарах — від 2,70 до 2,30 км/с. Під верхньою корою  $V_p$  плавно збільшується зверху вниз від 6,5 до 6,8 км/с у подошві кори. Це ускладнює розмежування середньої та нижньої кори. На відміну від аналогічних профілів на Східно-Європейській платформі, значень швидкостей  $V_p$ , які б перевищували 6,8 км/с, не зафіксовано навіть у найнижчій частині земної кори. Особливістю швидкісної моделі є послідовна зміна глибини Мохо то вниз, то вгору з довжиною хвилі близько 150 км і амплітудою від 8 до 17 км.

У швидкісному полі не зафіксовано чітких латеральних змін від докембрійської платформи в бік більш молодих тектонічних структур на південному заході. Отже, за одними лише сейсмічними даними неможливо розпізнати тектонічні одиниці, що відомі на поверхні. Швидкісний розріз кори і прилеглої частини мантиї DOBRE-4 дозволяє більш упевнено говорити про геодинамічну модель формування південно-західної частини Східно-Європейської платформи в ранньому докембрії з позиції тектоніки плит.

Завданням дослідження з глибинного сейсмічного зондування вздовж профілю DOBRE-5 було вивчення будови земної кори і верхньої мантиї Кримсько-Добруджинсько-Чорноморського регіону України. Вихідними матеріалами для побудови швидкісної моделі слугували: 1) результати досліджень ГСЗ, виконані на суші в рамках проекту DOBRE-5 (від м. Рені до м. Кілія в Переддобруджжі і від населеного пункту Чорноморське до м. Керч у Криму); 2) матеріали відпрацьованого в 1966 р. 26-го профілю ГСЗ, який перетинає північно-західний шельф Чорного моря від о-ва Зміїний до мису Тарханкут (найзахідніша точка Криму). Дані з двох донних станцій за цим профілем було оцифровано як сейсмічні розрізи. Отриманий у такий спосіб зведений профіль, орієнтований у широтному напрямку, неперервно простягається (із заходу на схід) через райони

Переддобруджжя, північно-західний шельф Чорного моря і через увесь Кримський півострів (Рені — Кілія — Чорноморське — Керч).

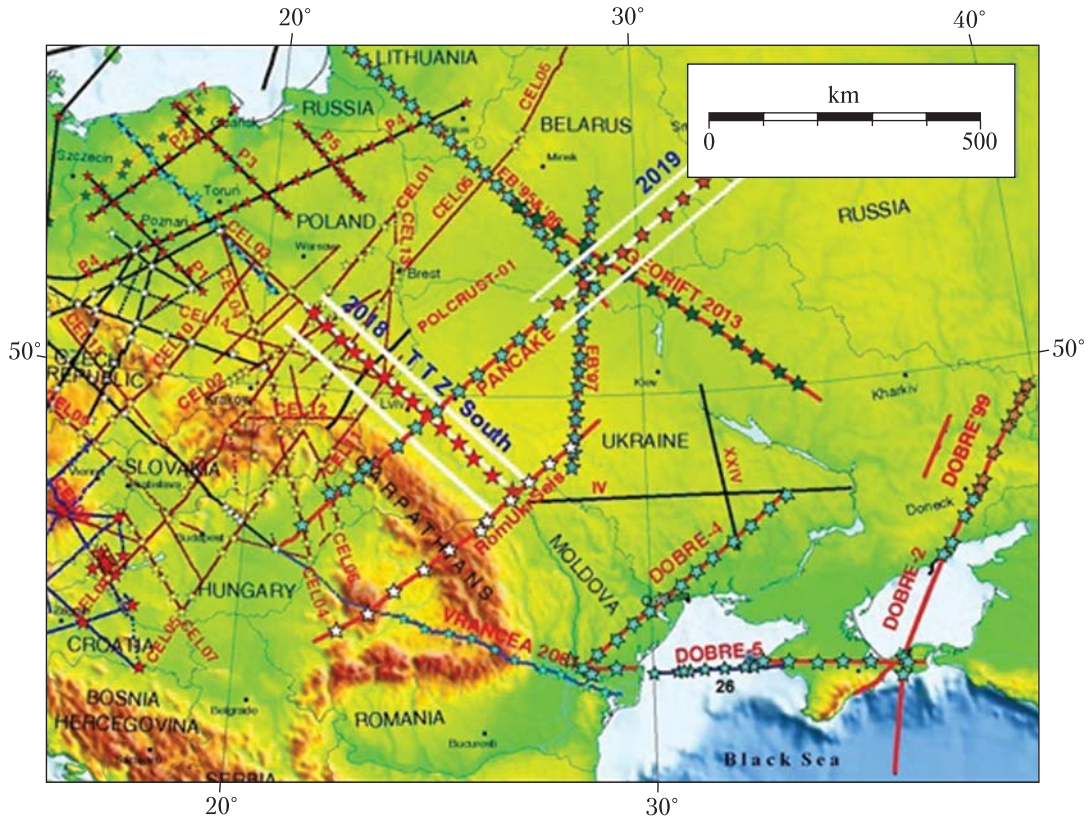
Загальна протяжність сейсмічного профілю DOBRE-5 становить понад 600 км. Польові роботи проводилися за системою безперервних спостережень з 8 пунктів вибухів, два з яких розташовувалися в Добруджинському регіоні, а шість — на території Кримського півострова. З цією метою було обладнано 128 свердловин глибиною до 25 м кожна; загальна маса заряду була 6400 кг. Відстань між сусідніми пунктами вибуху становила 50–60 км, відстань між пікетами (пунктами спостережень) — у середньому 2,5 км. Спостереження проводилися на 48 пунктах у Переддобруджжі і на 150 пунктах у Криму. Якість отриманих даних відрізнялася залежно від місцевих геологічних умов, а також від потужності вибухів.

Земна кора складається з кількох осадових шарів з  $V_p = 1,90–4,65$  км/с з потужностями, які сильно змінюються вздовж профілю. Загальна потужність осадів змінюється від 1,5 км під Переддобруджинським прогином і близько 4 км під Каркінітським прогином до 10 км під Індоло-Кубанським прогином.

На моделі було виявлено великі відмінності у внутрішній структурі земної кори і рельєфі Мохо. У західній частині моделі глибина Мохо досить рівномірна (близько 38 км). Далі йде обміління Мохо до 33 км. У східній частині профілю межа Мохо занурена до глибини 47 км. Швидкості суб-Мохо — приблизно 8,15 км/с. На глибині близько 60 км виявлено субгоризонтальне відбиття у верхній мантиї, що приблизно на 25 км нижче від межі Мохо.

За профілем GEORIFT-2013 методом ГСЗ виконано сейсмічні дослідження вздовж лінії Полтава — Чернігів — Мозир (Глузьк) довжиною 670 км за допомогою сейсмічних станцій TEXAN та DATA CUBE (312 одиниць) з 14 пунктів вибуху з величинами зарядів від 600 до 1000 кг тротилу. Відстань між пунктами вибухів становила від 35 до 50 км, відстань між сейсмічними станціями — 2,5 км. Для закладання зарядів було підготовлено 208 свердловин глибиною до 25 м і загальним зарядом





Метою нового цільового наукового проекту НАН України «Геофізичні дослідження літосфери зони зчленування Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ України у зв'язку з перспективами нафтогазоносності» (TESZ – Транс'європейська шовна зона, або зона Тейсейра–Торнквіста) на 2017–2021 рр. є продовження вивчення глибинної будови рифтових структур

10 400 кг. Найбільші заряди були відпрацьовані в першому та останньому пункті вибуху, коливання від них зафіксовано на всьому проміжку спостереження.

На основі одержаних даних проведено моделювання сейсмічних хвиль та отримано швидкісну модель розрізу до глибини 80 км.

Ширококутний сейсмічний профіль Rom-UkrSeis довжиною 675 км простягається в південно-західному напрямку від Східно-Європейського кратону в Центральній Україні до Румунії. Він перетинає Карпатські гори і Трансильванський басейн. Під час досліджень було використано 350 сейсмічних станцій (через кожні 1,75–2,0 км в Румунії та 2,2–2,5 км в Україні) для запису сейсмічних хвиль від 11 хімічних вибухів (8 в Румунії і 3 в Україні) із зарядами у 800–1200 кг через кожні 20–65 км.

Виконання зазначених вище робіт дозволило отримати нові важливі дані про глибинну будову ряду регіонів України, що є важливим внеском у вирішення різних геолого-геофізичних проблем, у тому числі вивчення сировинної та енергетичної бази України.

Отримані результати здобули високу оцінку в міжнародному професійному середовищі. Про це свідчать відповідні публікації в найпрестижніших міжнародних геолого-геофізичних журналах та кілька виданих монографій [1–4]. Список публікацій за цим проектом розміщено у відповідному розділі на веб-порталі НАН України. Дослідження виконувалися міжнародними авторськими колективами, які представляють такі відомі наукові центри, як:

- Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine);

- Ukrgeofizika, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine (Kyiv, Ukraine);
- Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences (Warsaw, Poland);
- IFM-Geomar, University of Kiel (Germany);
- Eötvös Lorand Geophysical Institute of Hungary (Budapest, Hungary);
- University of Nice Sophia-Antipolis (Nice, France);
- Geological Institute, University of Copenhagen (Denmark);
- University of Helsinki (Finland);
- University of Aberdeen (Scotland);
- Vrije Universiteit (Amsterdam, Netherlands);
- Institute of Geophysics, University of Warsaw (Poland);
- University of Bucharest (Romania);
- University of Oslo (Norway).

Однак слід підкреслити, що головне авторство в наведених публікаціях належить Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Це свідчить про високий професійний рівень Інституту, а також про те, що НАН України в цьому напрямі досліджень посідає передові позиції у світі. Досягнуті результати підвищують авторитет Національної академії наук України не лише за кордоном, а й у самій Україні, що зараз вкрай потрібно. Важливо також, що виконання цього проекту засвідчило й високий міжнародний професійний рівень ДГП «Укргеофізика».

Інститутом геофізики НАН України за час досліджень було придбано найсучасніші сейсмостанції «Техас» (США), аналогів яких в Україні немає. Крім того, в Інституті розроблено нові теоретико-алгоритмічні методи обробки та інтерпретації хвильових полів. Реалізація розрахунків на сучасному суперкомп'ютерному комплексі СКІТ Інституту кібернетики НАН України та напрацьовані алгоритми і бібліотеки

паралельних програм дають можливість проводити масштабні обчислення й зберігати великі обсяги геофізичних даних в активному стані.

Враховуючи вагомість результатів, отриманих під час виконання зазначених робіт, вважаємо за доцільне в 2017–2021 рр. продовжити проведення аналітичних досліджень у районі Транс'європейської шовної зони (Trans European Suture Zone) в рамках цільового наукового проекту НАН України «Геофізичні дослідження літосфери зони зчленування Східно-Європейської та Західно-Європейської платформ України у зв'язку з перспективами нафтогазоносності (TESZ)».

У роботах планують брати участь Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України та ДГП «Укргеофізика», а також провідні наукові геофізичні центри країн Європи (Польща, Данія, Фінляндія, Німеччина та ін.), які виконуватимуть частину спільної роботи за свій кошт (як це було і в попередні роки). Договір про плани виконання робіт з Інститутом геофізики Польської АН вже узгоджено.

Виконання запланованих робіт дозволить отримати нову унікальну інформацію про глибинну будову зони зчленування двох європейських платформ, що важливо не лише для пошуків корисних копалин, а й для вирішення багатьох питань геології, геодинаміки та екології України в широкому розумінні цього поняття.

Від імені Інституту геофізики НАН України висловлюю щиро подяку Вам, шановний Борисе Євгеновичу, та всій Президії НАН України за підтримку цих дуже важливих досліджень.

І на завершення. Я мав честь у новому 2017 році на першому засіданні Президії зробити першу в переліку роботи Президії наукову доповідь.

Дякую за довіру і дякую за увагу!

## REFERENCES

1. Starostenko V., Janik T., Kolomiyets K., Czuba W., Środa P., Grad M., Kovács I., Stephenson R., Lysynchuk D., Thybo H., Artemieva I.M., Omelchenko V., Gintov O., Kutas R., Gryn D., Guterch A., Hegedűs E., Komminaho K., Legostaeva O., Tiira T., Tolkunov A. Seismic velocity model of the crust and upper mantle along profile PANCAKE across the Carpathians between the Pannonian Basin and the East European Craton. *Tectonophysics*. 2013. **608**: 1049.
2. Starostenko V., Janik T., Lysynchuk D., Środa P., Czuba W., Kolomiyets K., Aleksandrowski P., Gintov O., Omelchenko V., Komminaho K., Guterch A., Tiira T., Gryn D., Legostaeva O., Thybo H., Tolkunov A. Mesozoic(?) lithosphere-scale buckling of the East European Craton in southern Ukraine: DOBRE-4 deep seismic profile. *Geophys. J. Int.* 2013. **195**(2): 740.
3. Starostenko V., Janik T., Yegorova T., Farfuliak L., Czuba W., Środa P., Thybo H., Artemieva I., Sosson M., Volfman Y., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Omelchenko V., Gryn D., Guterch A., Komminaho K., Legostaeva O., Tiira T., Tolkunov A. Seismic model of the crust and upper mantle in the Scythian Platform: the DOBRE-5 profile across the north western Black Sea and the Crimean Peninsula. *Geophys. J. Int.* 2015. **201**(1): 406.
4. Starostenko V., Janik T., Stephenson R., Gryn D., Rusakov O., Czuba W., Środa P., Grad M., Guterch A., Flüh E., Thybo H., Artemieva I., Tolkunov A., Sydorenko G., Lysynchuk D., Omelchenko V., Kolomiyets K., Legostaeva O., Dannowski A., Shulgin A. DOBRE-2 WARR profile: the Earth's upper crust across Crimea between the Azov Massif and the northeastern Black Sea. In: *Evolution of the Eastern Black Sea and Caucasus*. (London, Geological Society, 2016). Special Publications 428.

За матеріалами засідання  
підготувала О.О. МЕЛЕЖИК