

Рис. 4. Графіки потужності експозиційної дози (P) та питомої активності ^{137}Cs верхнього шару ґрунту (A) по профілю 8

При комплексному аналізі карти потужності експозиційної дози γ -випромінювання та схеми біолокаційних досліджень виявилось, що кореляція біолокаційних та поверхневих γ -аномалій часто відсутня. Для перевірки аномальних зон виділених біолокацією та поверхневою гамма-зйомкою виконані мікрогаммазондування.

Матеріали кривих мікрогаммазондувань показують, що значення потужності експозиційної дози на глибинах 2–10 см складає від 1300 мкР/год до 7000 мкР/год при тенденції до зростання з глибиною. При подальшому збільшенні глибини вимірювань (до 50–70 см), в залежності від глибини проникнення техногенних радіонуклідів в ґрунт, спостерігаються різні варіанти поведінки графіка потужності експозиційної дози: значення залишаються на тому ж рівні, зростають, або, в деяких випадках, зменшуються. Кінцева гілка всіх мікрогаммазондувань має спадаючий характер, причому потужність експозиційної дози знижується до десятків мкР/год (тобто практично до фонові). Аналіз даних мікрогаммазондувань показує, що глибина проникнення техногенних радіонуклідів складає до 50–60 см. Характер поведінки кривих мікрогаммазондувань (різке зниження потужності експозиційної дози після 30–60 см з глибиною) дозволяє

зробити висновок, що захоронення радіоактивно забрудненого ґрунту на обстеженій ділянці відсутні.

Висновки:

1. Оптимальний комплекс геофізичних методів при пошуках та розвідці ПЗРЗМ включає: поверхневу та шпурову гамма-зйомку, мікроелектропрофілювання способом електричного опору в різних модифікаціях, електропрофілювання методом природного електричного поля, мікроелектрозондування при деталізації виявлених аномальних ділянок, метод викликаної поляризації способом середнього градієнта, мікромагнітні дослідження, а також лабораторний радіометричний аналіз. Раціональний комплекс спеціалізованих геофізичних досліджень в кожному конкретному випадку визначається поставленими задачами та економічними чинниками, при цьому геофізичні зйомки повинні бути досить детальними.

2. При пошуках та розвідці ПЗРЗМ поверхнева гамма-зйомка дає характеристику радіоактивного забруднення верхнього шару ґрунту (до глибини 0,8–1 м), але при потужності перекриваючих ПЗРЗМ слабкозабруднених порід більше 1–1,5 м може не зафіксувати об'єкт пошуку.

3. Мікрогаммазондування є ефективним методом визначення пунктів захоронення радіоактивно забруднених матеріалів. Високі значення потужності експозиційної дози та характер поведінки кривих мікрогаммазондувань є критерієм наявності (збільшення потужності експозиційної дози з глибиною) або відсутності (різке зниження потужності експозиційної дози з глибиною) захоронення радіоактивно забруднених матеріалів на обстеженій ділянці.

1. Вижева С.А. Геофізичний моніторинг небезпечних геологічних процесів. – К., 2004. 2. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. – М., 1990. 3. Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности / Под ред. В.А.Шевнина, И.Н.Модина. – М., 1999. 4. Онищук І.І., Рева М.В., Нікіташ О.П., Онищук В.І. Дослідження техногенного забруднення довкілля геофізичними методами // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2006. – № 38–39. – С. 93–96. 5. Онищук І.І. Особливості застосування геофізичних методів при геоекологічних дослідженнях в Дарницькому районі м. Києва. // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2001. – Вип. 19. – С. 42–46.

Надійшла до редколегії 28.05.09

УДК 550.382

М. Орлюк, д-р геол. наук, проф.
А. Марченко, асп.

РОЗРОБКА РЕГІОНАЛЬНОЇ 3D МАГНІТНОЇ МОДЕЛІ ЗЕМНОЇ КОРИ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОГО КРАЮ СХІДНО-ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ (З ВРАХУВАННЯМ СФЕРИЧНОСТІ ЗЕМЛІ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. Г.Т. Продайводою)

Розроблено регіональну 3D магнітну модель земної кори південного заходу Східно-Європейської платформи з врахуванням сферичності Землі.

3D regional magnetic model for south-western part of the East-European platform for spherical Earth have been developed.

Вступ. Вивчення глибинної будови земної кори є однією з найважливіших задач науки про Землю у зв'язку з розв'язанням глобальних проблем фізики Землі, її екології, прогнозування та пошуку родовищ корисних копалин. У різномасштабних магнітних моделях літосфери відображаються структура земної кори та просторовий розподіл петромагнітних типів порід в її межах. Останні несуть інформацію про склад, термодинамічні та окисно-відновні умови утворення порід та їх подальшого існування. 3D магнітне моделювання різномасштабних та різнотипових структур Східно-Європейської платформи (СЄП) в сукупності з іншими магнітними та геолого-геофізичними даними дозволяє з'ясувати їх глибинну будову. В даній роботі

представлено регіональну 3D магнітну модель земної кори південно-західного краю СЄП, побудовану з врахуванням сферичності Землі.

Розробка 3D магнітної моделі земної кори з врахуванням сферичності Землі потребує відповідного картографічного забезпечення, а саме наявності геомагнітних карт аномалій модуля індукції магнітного поля (ΔB)а та його нормальної компоненти B_0 . На теперішній час наявні опубліковані та цифрові карти геомагнітного поля (СЄП), які дають змогу виконати його дрібномасштабне районування, виділити регіональну компоненту (ΔB)а.рег., а також оцінити ступінь неоднорідності нормального магнітного поля Землі (IGRF). Перша карта

аномального магнітного поля м-бу 1:2500000 досліджуваної території була розроблена під редакцією З.А. Макарової [1]. Наступним суттєвим досягненням магнітного картографування була розробка карти аномального магнітного поля Європи м-бу 1:5000000 під редакцією Т.М. Симоненко та І.К. Пашкевич. [2]. Ці карти дозволили виділити регіональну компоненту аномального магнітного поля платформи та запропонувати перше наближення тривимірної магнітної моделі земної кори [8; 10]. З використанням результатів робіт [8; 10] була розроблена цифрова карта регіональної компоненти аномального магнітного поля СЄП [6]. Результатом колективних 50-річних досліджень щодо аналізу та приведення до одного рівня різночасових та різномасштабних наземних, морських, аеро- та супутникових зйомок стала числова карта аномального магнітного поля світу м-бу 1:50000000, опублікована під егідою ЮНЕСКО [11].

Аномальне магнітне поле на поверхні Землі. Дрібномасштабне районування магнітного поля $(\Delta B)_a$ території СЄП і суміжних регіонів виконано в роботі [10]. Згідно з цією роботою аномальне магнітне поле платформи має різний ступінь насиченості позитивними аномаліями з істотним розходженням і в інтенсивності поля. В межах древньої платформи переважають зони високої інтенсивності поля, які просторово тяжіють до її крайових частин. Зони низької інтенсивності поля відносяться до її північно-західної та південно-східної частин. За межами древньої платформи виділяються аномальні зони слабкої інтенсивності.

Найбільш примітною особливістю поля $(\Delta B)_a$ платформи є наявність системи аномальних смуг позитивного поля, що оконтурюють овал СЄП. Складовими частинами цього овалу (за годинниковою стрілкою) є: Вісленсько-Дністровська зона (південно – східна частина платформи), Скандинавська (на північному заході), Кольська і Мезенсько-Вичегодська (на півночі і північному сході), Ембенська зона (південно-східна частина). Далі ця система смугових аномалій, закручуючись через Східно-Воронезьку і Курську зони, продовжується на Естонсько-Псковську зону. Другою примітною особливістю є можливість виділення аномальних смуг усередині платформи і перетинання деяких з них у межах трикутника між мм. Брянськ, Вітебськ, Твер.

У межах платформи також виділяються області з різною насиченістю виділеними смугами, характером будови і простягання останніх. Так, найбільш інтенсивні з них характерні для південно-західної, східної і північно – східної частин території платформи, а "роздроблені", аж до повного зникнення, – для північно-західної, центральної і південно-східної частин. Що ж стосується просторової орієнтації смуг, то для півночі і півдня платформи характерні меридіональні і субмеридіональні простягання смуг, а для південного заходу і північного сходу – північно-східні і північно-західні.

Інтенсивність позитивних аномалій магнітного поля СЄП коливається від перших нанотесл до десятків тисяч у районах заліззорудних родовищ (Курськ, Кривий Ріг і т.д.), при цьому інтенсивність переважної частини аномалій знаходиться в інтервалі 100–500 нТл.

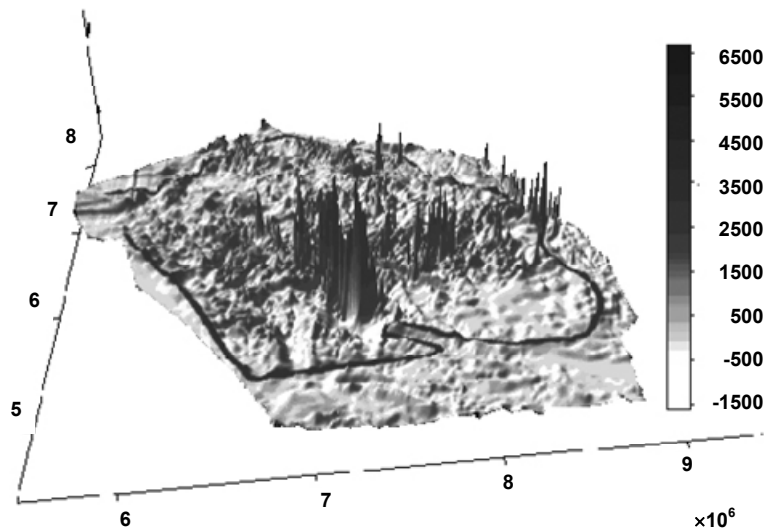


Рис. 1. Карта аномалій модуля індукції магнітного поля $(\Delta B)_a$ на висоті 5 км [11]

Аномальне магнітне поле на висоті 5 км. Аномальне магнітне поле території СЄП на висоті 5 км зберігає основні особливості аномального магнітного поля платформи на її поверхні (рис. 1). Це, по-перше, приуроченість системи лінійно витягнутих позитивних аномалій до крайових частин Східно-Європейської платформи. По-друге, концентрація аномальних магнітних зон в центральній частині території платформи значно менша ніж в її крайових частинах. Інтенсивність більшої частини магнітних аномалій СЄП знаходиться в межах від -200 до +200–500 нТл. Але існують зони, де значення аномального магнітного поля змінюються в досить широкіх межах. В першу чергу в центральній частині СЄП хочеться відмітити систему Курських аномалій з інтенсивністю поля від -2000 до 7000 нТл. На сході території розташована Манчаржська область підвищених значень позитивного магнітного поля мозаїчного характеру (інтенсивність поля досягає значень в 2500 нТл).

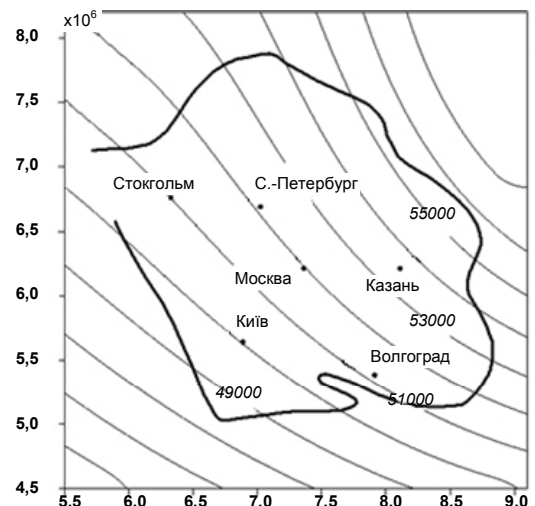


Рис. 2. Карта нормального магнітного поля Землі B_{IGRF} на епоху 2005 року

Регіональна складова аномального магнітного поля. Просторовий розподіл позитивних регіональних магнітних аномалій (РМА) на території платформи знаходиться у відповідності з характером поля на поверхні Землі та висоті 5 км.

На території платформи виділяється 91 позитивна регіональна магнітна аномалія, інтенсивністю від 100 до 400–500 нТл. Виключенням є Курська, Курсько-Брянські, Михайлівська і Манчжаська аномалії інтенсивністю більш 1000 нТл.

При розробці 3D магнітної моделі земної кори величезна за розміром територій важливим є врахування значень нормального магнітного поля Землі B_0 , оскі-

льки вони, а також співвідношення між складовими вектора напруженості геомагнітного поля можуть значно змінюватися для різних частин досліджуваної території. Не врахування цього може призвести до помилок при оцінці намагніченості земної кори. Зважаючи на цю обставину в Online була побудована карта нормального магнітного поля IGRF для території СЄП на епоху 2005 р. [12] (рис. 2). Територіально СЄП знаходиться в полі Східно-Азійської материкової аномалії. Мінімальні значення поля B_0 спостерігаються в південно-західній частині території і складають 48000 нТл. Ця величина рівномірно збільшується в північно-східному напрямку і сягає величини в 56000 нТл на півночі та північному сході території.

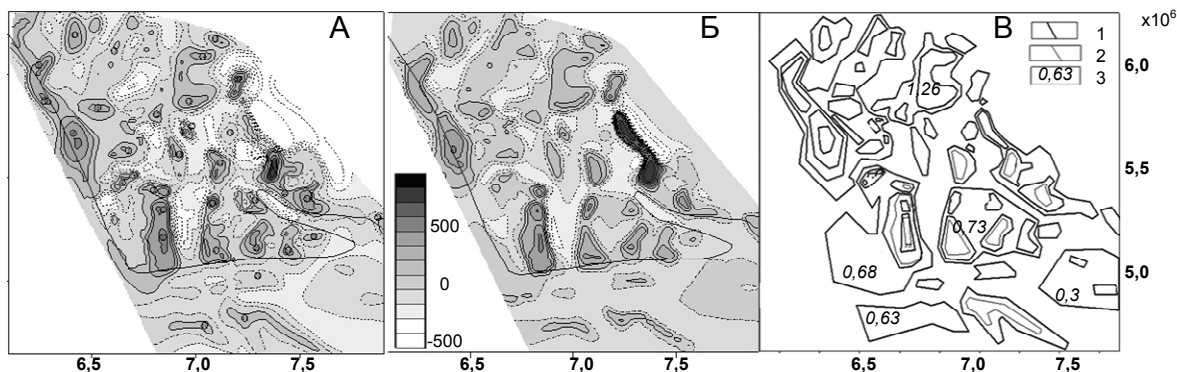


Рис. 3. 3D магнітна модель земної кори південно-західного краю Східно-Європейської платформи:

А) Регіональна компонента геомагнітного поля $(\Delta B)_{a,per}$; Б) Розраховане від моделі магнітне поле $(\Delta B)_{a,пор.}$; В)

Магнітна земної кори: 1 – контури магнітних джерел (глибина верхньої кромки 10 км, нижньої – 40 км);

2 – контури верхньої кромки магнітних джерел (у випадку нахилених бокових граней); 3 – намагніченості в А/м.

- Аномалії: 1 – Одеська; 2 – Ананіївська; 3 – Гайсинська; 4 – Вінницька; 5 – Новоград – Волинська; 6 – Львівська; 7 – Люблінська; 8 – Плоцька; 9 – Брестська; 10 – Вільнюська; 11 – Калінінградська; 12 – Східно-Білоруська; 13 – Бобруйська; 14 – Вітебська; 15 – Верхньодніпровська; 16 – Київська; 17 – Чернігівська; 18 – Курсько-Брянська; 19 – Сумська; 20 – Курська; 21 – Луганська; 22 – Західно-Калмицька; 23 – Донська; 24 – Східно-Приазовська; 25 – Західно-Приазовська; 26 – Синельниківська; 27 – Каховська; 28 – Західно-Інгулецька; 29 – Індоло-Кубанська; 30 – Західно-ричорноморська; 31 – Алуштинсько-Батумська; 32 – Лохвицька.

3D магнітна модель. Використовуючи наведені вище карти геомагнітного поля території СЄП (рис. 1, 2, 3,а), а також проаналізувавши результати виконаних раніше робіт щодо розробки 2D та 3D моделей регіону [4; 5; 7–10], було сформовано перше наближення регіональної магнітної моделі для південного заходу СЄП. В подальшому з використанням програмно-алгоритмічного комплексу В.М. Завойського та І.М. Іващенко [3] для розв'язку прямої задачі магнітометрії у сферичних координатах була розроблена 3D регіональна магнітна модель території. Глибина залягання магнітних джерел задавалась в межах від 10 (глибина верхньої кромки) до 40 км (глибина нижньої кромки). Розраховане від моделі поле (рис. 3,б) кількісно порівнювалось з полем, що інтерпретується (рис. 3,а). В результаті кількох ітерацій було досягнуто мінімальних розбіжностей між цими полями. Таким чином була розроблена 3D-магнітна модель, яка дозволила визначити геометричні параметри і намагніченість джерел РМА досліджуваної території.

Згідно з отриманою моделлю в південно-західній частині СЄП виділяються крупні ділянки земної кори з намагніченістю 0,5–1,0 А/м і розмірами 200–300 км. Джерела з намагніченістю від 1,0 А/м до 2,0 А/м і розмірами 40–100 км розміщені в межах цих блоків. Намагніченість більше 2 А/м мають тіла, які є джерелами Одеської (3,5 А/м), Львівської (3,18 А/м), Гайсинської (3,23 А/м), Західно-Інгулецької (3,6 А/м) і Курської (>6,35 А/м) регіональних магнітних аномалій.

Переважає більшість джерел РМА представлені блоками із субвертикальним боковим обмеженням. Проте в межах досліджуваної території слід відзначити тіла з нахиленими під різними кутами контактами. До них належать джерела Одеської, Гайсинської, Курської,

Луганської, Східно-Приазовської, Західно-Приазовської, Алуштинсько-Батумської та Лохвицької РМА.

Висновки. 1. Розглянуто наявні на теперішній час картографічні матеріали для СЄП, які необхідні для розробки 3D магнітної моделі земної кори з врахуванням сферичності Землі. 2. Розроблено регіональну модель її південно – західної частини. 3. Визначено геометричні параметри та намагніченість джерел земної кори досліджуваної території. 4. Розроблена модель є необхідною складовою для геоекологічного районування, вирішення геологічних та екологічних задач і дрібномасштабного прогнозування корисних копалин.

1. Карта аномального магнітного поля (DT)а СССР: Континентальная часть и некоторые прилегающие акватории: 1:2500000 / Под ред. З.А. Макаровой. – М., 1977. 2. Карта аномального магнітного поля Європи: 1:5000000 / Под ред. Т.Н. Симоненко, И.К. Пашкевич. – К., 1990. 3. Коваленко-Завойський В.М., Іващенко І.М. Математичне забезпечення інтерпретації поля ΔB_a регіональних магнітних аномалій // Геофиз. журн. – 2006. – Т. 28, № 5. – С. 18–30. 4. Крутиховская З.А., Пашкевич И.К., Силина И.М. Магнитная модель и структура земной коры Украинского щита. – К., 1982. 5. Магнитная модель литосферы Европы / И.К. Пашкевич., В.С. Марковский, М.И. Орлюк и др. – К., 1990. 6. Орлюк М.И., Коваленко-Завойський В.М., Іващенко І.М., Марченко А.В. Інтерпретація регіональних магнітних аномалій з врахуванням сферичності Землі // Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. міжнар конф., Київ, 2007. – К., 2007. 7. Орлюк М.И. Магнитная модель земной коры Волино-Подольской окраины Восточно-Европейской платформы и петролого-тектоническая интерпретация // Исследование региональных магнитных аномалий платформенных областей. – К., 1984. 8. Орлюк М.И., Пашкевич И.К. Магнитная модель юго-западного края Восточно-Европейской платформы // Геофиз. журн. – 1995. – Т. 17, № 6. 9. Орлюк М.И. Методика и первые результаты построения четырехмерной магнитной модели земной коры Украины // Доп. НАН України. – 1996 – № 5. – С. 95–99. 10. Орлюк М.И. Пространственные и пространственно-временные магнитные модели разноранговых структур литосферы континентального типа // Геофиз. журн. – 2000. – Т. 22, № 6. – С. 148–165. 11. Purucker M.E. Magnetic Anomaly Map of the World // Eos – 2007. – Vol. 88, № 25, – P.263 – <http://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/igrf.html>.