

тини УЩ, чим це зроблено при аналізі комплексної тривимірної геофізичної моделі в роботах [3, 9].

Виконаний аналіз стану питання по проблемі вивчення будови земної кори та верхньої мантії та її зв'язку з закономірностями формування і розміщення родовищ рудних корисних копалин різних генетичних типів свідчить про необхідність проведення більше детальних досліджень для окремих частин мегаблоків.

1. Комплексна металогенічна карта України масштабу 1:500 000 та пояснювальна записка до неї / Під ред. С.В. Гошовського. – К., 2003. 2. Комплект карт: Геологія і корисні копалини України масштабу 1:1 000 000: Пояснювальна записка / В.А. Великанов, В.А. Колосовська, Б.Д. Возгрін, Г.І. Педанюк. – К., 2002. 3. *Куприенко П.Я., Макаренко І.Б., Старостенко В.И., Легостаева О.В.* Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Украинского щита // Геофиз. журн. – 2007. – Т. 29, № 5 – С. 3–27. 4. Литосфера Центральной и Восточной Европы: Обобщение результатов исследований / Гл.ред. А.В. Чекунов. – К., 1993.

5. Металлогения Украины и Молдавии / Я.Н. Белевцев, Г.И. Каляев, Л.С. Галецкий и др. – К., 1974. 6. Некоторые результаты по составлению среднemasштабной геолого-структурной карты докембрийских образований юго-восточной части Украинского щита / Б.З. Берзенин, В.М. Кичурчак, А.Г. Насад, П.И. Пигулевский // Геология і магматизм докембрію Українського щита: Матер. міжнар. наук. конф., Київ, 2000. – К., 2000. 7. *Пигулевский П.И.* Особенности геологического строения Приазовского геоблока Украинского щита по результатам комплексирования геолого-геофизических исследований: Рукопис канд. дис. – К., 2004. 8. *Пигулевский П.Г., Кичурчак В.М.* До питання зв'язку петрологією нижньої частини земної кори з розташуванням корисних копалин з (на прикладі південно-східної частини УЩ). – Д., 2008. 9. *Старостенко В.И., Гинтов О.Б., Пашкевич И.К.* и др. Металлогения Украинского щита: закономерности размещения месторождений рудных полезных ископаемых, связь с глубинным строением и динамикой литосферы // Геофиз. журн. – 2007. – Т. 29, № 6. – С. 3–31. 10. Схема глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы: М-6 1:1 000 000 / Гл. ред. А.В. Чекунов. – К., 1992.

Надійшла до редколегії 21.02.11

УДК 550.83

М. Рева, канд. фіз.-мат. наук, доц., В. Онищук, канд. геол. наук, Д. Онищук, студ., В. Петруняк, студ.

ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ПОШУКАХ ПУНКТІВ ЗАХОРОНЕННЯ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ МАТЕРІАЛІВ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Розглядаються особливості методики та результати геофізичних досліджень при пошуках пунктів захоронення радіоактивно забруднених матеріалів. Наведений приклад застосування радіометричних досліджень на одній із ділянок зони відчуження Чорнобильської АЕС.

The features of method and results of geophysical prospecting are examined at the searches of disposal place points of radioactivity materials. The example of application of radiometry on the one of areas of Chernobyl APS' alienation zone is resulted.

Вступ. Одну із найбільших небезпек представляє радіоактивне забруднення довкілля техногенними та природними радіонуклідами після аварій і катастроф на об'єктах ядерного циклу. Наприклад, після аварії на Чорнобильській АЕС в 1986 р. площа радіоактивно забруднених територій склала 10 тис. км² [1]. В зоні відчуження ЧАЕС в 1986–1988 рр. проводились тимчасові захоронення радіоактивно забруднених матеріалів, відходів дезактиваційних робіт, радіоактивно забруднених конструкцій та техніки без належної інженерної підготовки спеціальних могильників. У зв'язку із аварійною ситуацією, роботи виконувались в терміновому порядку, при цьому практично у більшості випадків, не була забезпечена належна топографічна прив'язка пунктів захоронення радіоактивно забруднених матеріалів (ПЗРЗМ). Тому на даний час місцезнаходження багатьох з них невідоме.

Між тим ці захоронення є джерелами радіоактивного забруднення підземних вод, які живлять р. Прип'ять та її притоки.

В наш час виникає проблема їх пошуків та переповнення у спеціалізовані стаціонарні могильники.

В даній ситуації цю задачу можливо вирішити лише за допомогою застосування детальних комплексних геофізичних досліджень. З погляду геофізики основними видами забруднення геологічного середовища (ГС) є радіоактивне та геохімічне. В результаті вивчення геологічного середовища за допомогою геофізичних методів виявляються статичні і динамічні (що змінюються в часі) геофізичні аномалії над джерелами забруднення [2–5].

Задачі та комплекс геофізичних досліджень. Геофізичні методи широко використовуються при інженерно-геологічних, геоекологічних та археологічних дослідженнях. Аналізуючи досвід застосування геофізичних методів при вирішенні інженерних задач, визначено, що задачі пошуків ПЗРЗМ практично аналогічні завданням, які ставляться перед геофізичними методами при археологічних дослідженнях. При цьому застосування

геофізичних досліджень базується на помітній диференціації як археологічних так і техногенних об'єктів та оточуючих їх непорушених порід за електромагнітними та радіометричними параметрами.

При цьому за допомогою геофізичних методів вирішуються такі основні задачі:

- картування траншей, гірських виробок, дамб, котлованів;
- пошуки і розвідка могильників, некрополів, підземних споруд, складів озброєнь, пунктів захоронення радіоактивно забруднених матеріалів.

Специфікою пошуків ПЗРЗМ є визначення радіометричних параметрів радіоактивно забруднених матеріалів та вміщуючих ґрунтів.

На основі набутого досвіду та аналізу літературних даних [1–5] визначено, що вирішення вищеперерахованих задач є досить складною проблемою і вимагає застосування детальних комплексних геофізичних досліджень, а також виконання дослідно-методичних робіт для удосконалення комплексу геофізичних досліджень.

На наш погляд, комплекс геофізичних методів при пошуках та розвідці ПЗРЗМ повинен включати: 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 градієнту, мікромагнітні дослідження, а також лабораторний радіометричний аналіз. Перспективними є георадіолокаційні дослідження [3], однак їх застосування на даний час досить обмежене. При цьому раціональний комплекс спеціалізованих геофізичних досліджень в кожному конкретному випадку визначається поставленими задачами та економічними чинниками.

Геофізичні дослідження виконуються в профільно-площинному варіанті і повинні бути досить детальними. Крок спостережень складає кілька метрів, а при деталі-

зації аномалій – десятки сантиметрів. Параметричні вимірювання виконуються на відомих об'єктах і слугують зразковими моделями при інтерпретації спостережень на рядових профілях.

Накопичено певний позитивний досвід подібних робіт. Прикладом можуть слугувати пошуки військової техніки, яка затонула в болотах в 1941–1944 рр. та пунктів поховань німецьких солдатів на полях Корсунь-Шевченківської битви. При цьому досить ефективними є детальна магнітометрична зйомка та дослідження методами природного електричного поля і мікроелектропрофілювання (пошуки вирв від вибухів авіабомб та артилерійських снарядів, залишків залізних конструкцій, зброї).

Обробка отриманих матеріалів полягає в їх комплексній інтерпретації та аналізі всієї сукупності даних. В результаті виділяються аномальні зони, що можуть бути зв'язані:

- з порушенням цілісності гірських порід (за матеріалами мікроелектропрофілювання, мікроелектрозондування та георадарних досліджень);
- з наявністю сталених фрагментів (за матеріалами мікромагнітної зйомки);
- з електрохімічними процесами (окислення металевих фрагментів), що відбуваються в тілі захоронення (за матеріалами методів природного електричного поля та викликаної поляризації);
- з наявністю інтенсивно забруднених ґрунтів та матеріалів радіоактивними речовинами – продуктами ядерних аварій та відходами радіохімічного виробництва (за матеріалами поверхневої та шпурової гамма-зйомки).

За результатами виконаних геофізичних досліджень будується комплект геофізичних карт та розрізів, які дозволяють зробити висновок про наявність захоронення радіоактивно забруднених матеріалів на вивченій площі, а також визначити точки відкриття тіла захоронення свердловинами та шурфами.

Приклад практичного застосування. Як приклад подібних робіт приводимо деякі матеріали радіометричних досліджень по ділянці "Піщане плато".

Ділянка розташована на південно-східній окраїні м. Прип'ять. Це територія намита річковим піском товщиною 2 м до аварії на ЧАЕС, що планувалася під будову нового масиву м. Прип'ять. На рис. 1 приведений фраг-

мент карти поверхневого забруднення ^{137}Cs зони відчуження ЧАЕС, де нанесена ділянка досліджень.

В 1988 р. на ділянці досліджень виконані експериментальні дезактиваційні роботи шляхом зняття верхнього 10 см шару ґрунту. За технічним завданням високоактивний ґрунт мав бути захоронений на цій же ділянці, але відомості про захоронення виявились втраченими. Згодом виникла задача пошуку тимчасових захоронень радіоактивно забрудненого ґрунту, знятого при дезактиваційних роботах. Для цього на ділянці були виконані площинні дослідження способом біолокації по мережі 20×10 м. За матеріалами цих робіт виділені витягнуті аномалії, які на першому етапі співставлялися із траншеями із радіоактивно-забрудненим ґрунтом. Однак вибіркоче шурфування окремих біолокаційних аномалій не дало позитивних результатів.

Для перевірки цих аномалій була виконана поверхнева гамма-зйомка, результати якої приведені на рис. 2. Поверхнева гамма-зйомка виконана по сітці 20×5 м за допомогою радіометра СРП-68-01. На точках, де потужність експозиційної дози гамма-випромінювання перевищувала 3000 мкР/год, вимірювання повторювались за допомогою шпурового радіометра СРП-68-03.

Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання на ділянці досліджень змінюється від 350 мкР/год до 4250 мкР/год. Області з підвищеними значеннями потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (2000–4000 мкР/год) локалізовані в центральній та південно-східній частинах ділянки досліджень, області із зниженими значеннями Р (350–1500 мкР/год) розташовані в північній, північно-східній, південній та західній частинах ділянки.

Середні значення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання на ділянці досліджень складають 1800 мкР/год. За матеріалами КП "Кіровогеологія" фонові значення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання території складених річковими пісками в районі досліджень до забруднення складали від 4 мкР/год до 8 мкР/год.

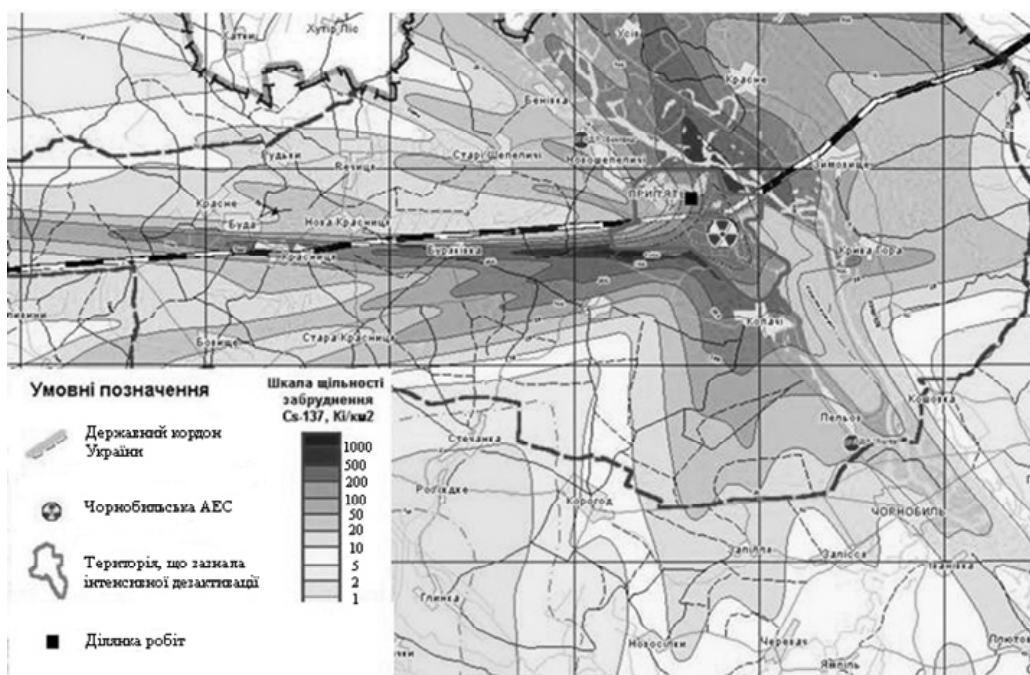


Рис. 1. Фрагмент карти поверхневого забруднення ^{137}Cs . Масштаб 1:200000

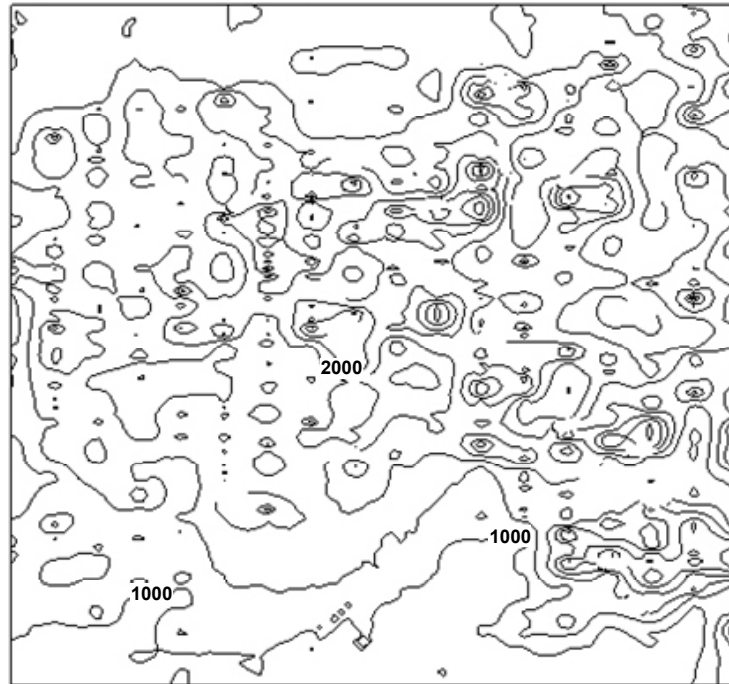


Рис. 2. Карта потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (P). Ділянка "Піщане плато". Масштаб 1:2000. Ізолінії проведені через 500 мкР/год

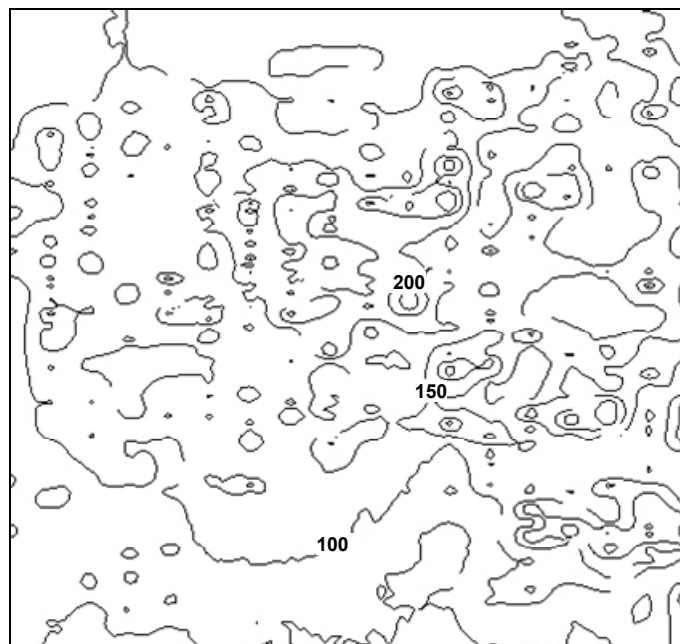


Рис. 3. Карта питомої активності ¹³⁷Cs (A_{Cs}) верхнього шару ґрунту. Ділянка "Піщане плато". Масштаб 1:2000. Ізолінії проведені через 50 кБк/кг

Гамма-поле має мозаїчний, іноді кулісоподібний характер, що може бути результатом нерівномірного зняття верхнього високоактивного шару землерийними машинами при дезактивації. При цьому негативні форми мікрорельєфу були частково "підсипані" високоактивним ґрунтом, а позитивні – навпаки, зрізані на більшу глибину.

Для оцінки ступеня радіоактивного забруднення зроблено розрахунок питомої активності ¹³⁷Cs за відомою формулою:

$$A_{Cs} = \frac{P \cdot \mu_{ef}}{2 \cdot \pi \cdot K_{\gamma Cs} \cdot \rho}$$

де A_{Cs} – питома активність ¹³⁷Cs, P – потужність експозиційної дози, мкР/год., μ_{ef} – ефективний коефіцієнт ослаблення γ-випромінювання, K_{γCs} – гамма-еквівалент ¹³⁷Cs, ρ –

щільність порід, г/см³. Карта оцінки забруднення території ділянки ¹³⁷Cs приведена на рис. 3.

Для ділянки досліджень питома активність ґрунтів за рахунок ¹³⁷Cs в інтервалі глибин 0–50 см, змінюється від 24 кБк/кг до 291 кБк/кг при середньому значенні 121 кБк/кг.

Для оперативного аналізу матеріалів гамма-зйомки були побудовані графіки потужності експозиційної дози та питомої активності ¹³⁷Cs по профілях, що мали протягання з півдня на північ. На рис. 4 приведені матеріали поверхневої гамма-зйомки по профілю 8 (графік потужності експозиційної дози та питомої активності ¹³⁷Cs), що характерні для ділянки досліджень.

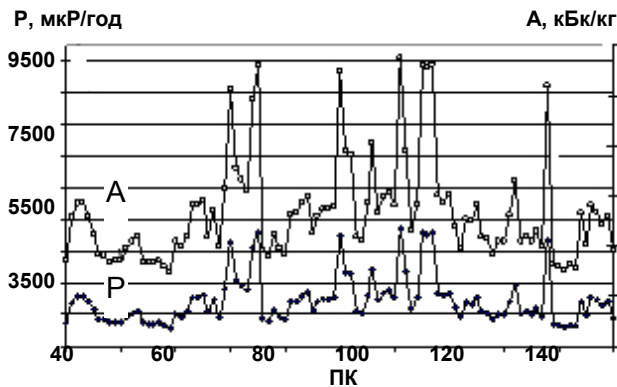


Рис. 4. Графіки потужності експозиційної дози (P) та питомої активності ^{137}Cs верхнього шару ґрунту (A) по профілю 8

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 серединного 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