

- - оптимізації схем моніторингу, у першу чергу, при надрокористуванні в межах трансграничних геологічних структур і родовищ;
- - зниженню ризику виникнення надзвичайних екологічних ситуацій трансграничного характеру;
- - випереджальному обґрунтуванню, узгодженню і проведенню спільних природоохоронних заходів, своєчасній розробці гранично-допустимих еколого-геологічних змін і впливів.

1. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200 000 – 1:100 000 (ВСЕГИНГЕО, 1990).
2. Методические рекомендации по составлению эколого-

УДК 550.831

геологических карт масштаба 1:1 000 000 – 1:500 000, сводная легенда и макеты (ВСЕГИНГЕО-ИМГРЭ, 1994). 3. Методика среднемасштабного эколого-геологического картирования (Минск, БелНИГРИ, 1994). 4. Временные методические рекомендации по охране геологической среды при пользовании недрами (Минск, БелНИГРИ с участием УкрГГРИ, 2000г.). 5. Временные методические положения эколого-геологического картирования (масштаб 1:50 000 – 1:200 000) (Госкомгеологии Украины, Укр ГИМР, ГГП "Геопрогноз", 1997). 6. Тимчасові вимоги щодо складання карти екологічного стану геологічного середовища масштабу 1: 200 000 як складової частини робіт з ГДП-200 (УкрГГРИ, 2002). 7. Різник Т.О. "Створення комп'ютерної бази фактографічних та картографічних даних для оцінки впливу гірничовидобувних робіт на геологічне середовище та вивчення гідрогеологічних умов розробки вугільних родовищ Донбасу", УкрДГРІ, К., 2005.

П.О. Міненко, канд.геол.-минералог.наук
Р.В. Міненко, студ.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВ'ЯЗКІВ ОЛЗГ АВТОМАТИЗОВАНИМИ ПРОГРАМНИМИ МІКРОСИСТЕМАМИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ТЕКТОНІЧНИХ ЗОН МЕТОДАМИ ГРАВІМЕТРІЇ В МІСЦЯХ ЗАБУДОВИ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

В програмне забезпечення включені ряд розроблених спеціальних методів розв'язку обернених задач гравіметрії, комплексуювання яких є необхідною умовою для ефективного вивчення тектонічних зон в масивах гірських порід кристалічного фундаменту.

In the software it is included a number of special author's methods of the decision of return problems gravity which complex use is a necessary condition for effective studying tectonic zones in files of rocks of the crystal base.

Вступ. Для вивчення тектонічних зон потрібні спеціальні та гнучкі методи підготовки гравіметричних даних, оскільки кожний випадок потребує окремого набору прийомів з різними методами розв'язку обернених лінійних та нелінійних задач гравіметрії (ОЛЗГ,ОНЗГ).

Будівництво електростанцій, аеродромів, гребель, відстійників потребує детального вивчення характеру монолітності масивів гірських порід в кристалічному фундаменті, а тому необхідно в результаті інтерпретації отримати як саму структуру щільності масивів гірських порід, так і її неоднорідності, що можна виконати тільки комплексом різних методів розв'язку ОЛЗГ та ОНЗГ.

Стан проблеми. Відомі приклади вивчення тектонічних зон методами гравіметрії [1,2,3], але в тих випадках їх вивчення виконано лише наявними окремими методами без врахування їх специфічних можливостей, в результаті чого одержані лише дані про наявність окремих тектонічних зон на ділянці геофізичної зйомки.

Постановка задачі. Метою даної статті є розробка набору методів розв'язку обернених задач гравіметрії та магнітометрії, з яких можна формувати комплекси методів, що забезпечують здобуття найбільшої кількості корисної інформації для вивчення будови самих тектонічних зон.

Результати досліджень. Поставлена мета досягається тим, що використовуються всі відомі методи обробки карт поля сили тяжіння (осереднення, перерахунок на висоту, обрахунок дисперсій поля, обчислення сум поля за напрямками, тощо) та різні методи розв'язку обернених задач (прості ітераційні методи для сталої та змінної щільності в блоках, нелінійні методи, умовні алгоритми, фільтри Вінера, Калмана та фільтри, що розроблені на їх основі).

Програми розв'язку ОЛЗГ та ОНЗГ трансформують гравітаційне поле в 3D-модель розподілу аномальної густини гірських порід верхнього шару земної кори обмеженої глибини з автоматичним підбором регіонального фону системою уступів. Програми складаються з таких блоків: блок визначення масивів, констант, вхідних та початкових даних; блок обчислення матриць a_{ij} прямої задачі гравіметрії для всіх компонент аномальної густини, що змінюється за поліноміальним законом з глибиною та за лінійним законом в горизонтальних напрямках; блок перевірки стійкості розв'яз-

ку обернених задач гравіметрії; блок методу підбору попереднього розв'язку оберненої задачі; блок виключення із поля сили тяжіння g_j впливу відомої частини розподілу аномальної густини; блоки запису потрібних масивів в зовнішні файли;блоки друку; блоки функцій прямих задач; комплекс блоків інтерпретації гравітаційного поля – розв'язку обернених задач оптимізаційними ітераційними методами з умовами або без них. Використовуються ітераційні методи з одним оптимізуємим параметром τ для всіх невідомих x_i , або по одному параметру τ_i для кожної невідомої величини x_i . Крім того, використовуються ітераційні формули як з лінійними B_i , так і з квадратичними доданками B_i^2 до кожної невідомої x_i на кожній n -тій ітерації.

Безумовні алгоритми за нормою поправки до щільності мають вигляд:

$$1) F_3 = \sum_i (B_{i,n+1})^2 \xrightarrow{\tau = \text{const}(i)} \min; \quad x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau_{n+1} * B_{i,n};$$

$$\lambda_i = \sum_j a_{ij}; \lambda_j = \sum_i a_{ij};$$

$$r_{j,n} = (a_{ij}, x_{i,n}) - g_j; \quad r_{j,n+1} = r_{j,n} - (a_{ij}, B_{i,n} * \tau_{i,n+1}); \quad B_{i,n} = (a_{i,j} / \lambda_i / \lambda_j, r_{j,n});$$

$$\tau = (B_{i,n}, C_{i,n}) / (C_{i,n}, C_{i,n}); \quad C_{i,n} = ((B_{i,n}, a_{i,n}), a_{i,j} / \lambda_j / \lambda_i);$$

$$2) F_4 = \sum_i (B_{i,n+1})^2 \xrightarrow{\tau_i \neq \text{const}} \min; \quad x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau_{i,n+1} * B_{i,n};$$

$$x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau_{i,n+1} * B_{i,n};$$

$$3) F_1 = \sum_i (B_{i,n})^2 \xrightarrow{\tau, \mu} \min;$$

$$x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau_{n+1} * B_{i,n} - \mu_{n+1} * B_{i,n}^2.$$

$$\tau_{n+1} = (A_{d1}u_3 - A_{d2}u_2) / T_c; \quad \mu_{n+1} = (A_{d2}u_1 - A_{d1}u_2) / T_c;$$

$$T_c = u_1u_3 - u_2^2; \quad u_1 = (T_{1,i}, T_{1,i}); \quad u_1 = (T_{1,i}, T_{2,i});$$

$$u_3 = (T_{2,i}, T_{2,i}); \quad A_{d1} = (B_{n,i}, T_{1,i}); \quad A_{d2} = (B_{n,i}, T_{2,i});$$

$$Z_j = (a_{i,j}, B_{n,i}); \quad Z_{1j} = (a_{i,j}, B_{n,i});$$

$$T_{1,i} = (a_{i,j} / \lambda_i / \lambda_j, Z_j); \quad T_{2,j} = (a_{i,j} / \lambda_i / \lambda_j, Z_{1,j});$$

$$r_{n+1,j} = r_{n,j} - \tau_{n+1}(a_{i,j}, B_{n,i}) - \mu_{n+1}(a_{i,j}, B_{n,i}^2);$$

Безумовний алгоритм за нормою розходження поля:

$$4) \quad F_5 = \sum_j (r_j^2) \xrightarrow{\tau} \min; \quad x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau B_{i,n};$$

$$\tau = (r_{j,n}, D_{j,n}) / (D_{j,n}, D_{j,n}); \quad D_{j,n} = (a_{i,j}, B_{i,n});$$

Умовні алгоритми за нормою поправки до щільності:

$$5) \quad m=2; \quad F_6 = F_m + \xi * (M_\delta - \delta^2) \xrightarrow{\tau} \min;$$

$$M_\delta = \sum_i (\sum_j (a_{i,j}(x_{i,n} - \tau_{c,n+1} * B_{i,n}) - g_j))^2 = \delta^2;$$

$$F_2 = \sum_i (x_{i,n+1} v(i))^2 \xrightarrow{\tau_c} \min;$$

$$\xi = -\sum_i v^2(i) x_{i,n} / \sum_j (r_{j,n} / \lambda_j); \quad x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau B_{i,n};$$

$$\tau = (\sum_i v^2(i) x_{i,n} B_{i,n} + \xi \sum_j r_{j,n} \sum_i a_{i,j} B_{i,n} / \lambda_j^2) / (\sum_i v^2(i) B_{i,n}^2 + \xi \sum_j (\sum_i a_{i,j} B_{i,n})^2 / \lambda_j^2);$$

$$6) \quad F_6 = F_m + \xi * (M_\delta - \delta^2) \xrightarrow{\tau} \min;$$

$$F_m = F_2^1; \quad F_2^1 = [(x_{i,n+1}, v(i))]^2 = \min_{\tau};$$

$$\tau^1 =$$

$$((v(i), x_{i,n})(v(i), B_{i,n}) + \xi^1 (r_{j,n} / \lambda_j^2, (a_{i,j}, B_{i,n}))) /$$

$$((v(i), B_{i,n}))^2 + \xi^1 ((a_{i,j}, B_{i,n}), 1 / \lambda_j^2);$$

$$\xi^1 = -(v(i), x_{i,n}) \sum_i v(i) / (r_{j,n}, 1 / \lambda_j^2); \quad x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau^1 B_{i,n};$$

$$7) \quad RdR = \sum_j r_{j,n} * (a_{ijk}, x_{ik,n}); \quad x_{i,n+1} = x_{i,n} - \tau B_{i,n};$$

$$F_7 = (RdR)^2 + \xi * RdR \xrightarrow{\tau} \min;$$

$$\tau = ((r_{j,n} + g(j)/2) / \lambda_j^2, (a_{i,j}, B_{i,n})) / ((a_{i,j} / \lambda_j^2, B_{i,n})^2);$$

$$8) \quad F_3 = \sum_i (B_{i,n+1})^2 \xrightarrow{\tau = \text{const}(i)} \min;$$

$$\sigma_{k1,n+1,i} = (\sigma_{k,n,i}, w_{k,k1}) + w_{N1+1,k1}; \quad R_{j,n,k} = (a_{ij}, \sigma_{k,n,i});$$

$$T_{k,i} = (a_{ij} / \lambda_i / \lambda_j, R_{j,n,k});$$

$$T_{g,k1,i} = (a_{ij} / \lambda_i / \lambda_j, g_{j,k1}); \quad U_{i,k1} = (T_{k,i}, w_{k,k1}) + w_{N1+1,k1} - T_{g,k1,i};$$

$$k, k1 = 1, N1; i = 1, M; j = 1, N;$$

$$\{(U_{i,k1}, T_{k2,i})_i = 0; k2 = 1, N1; \sum_i U_{i,k1} = 0; \}_{k1=1, N1};$$

Як правило, оптимізація ітераційних процесів виконується по мінімуму норми $\|B_i^{n+1}\|$, як наприклад в алгоритмах (1-3,5-8), або деяких її похідних, як наприклад, $\|r_j^{n+1} / \lambda_j\|$. Для статистичної оцінки відновлення гравітаційного поля використовується норма $\|r_j\|$, коефіцієнт варіації поля сили тяжіння g_j та середня величина добутку похибки на корисний сигнал.

Графічна частина інтерпретації поля сили тяжіння виконується засобами MATLAB.

Експериментальні дослідження. На рис.1а приведена карта виділеного аномального поля сили тяжіння g_j , після попереднього розв'язку ОЛЗГ.

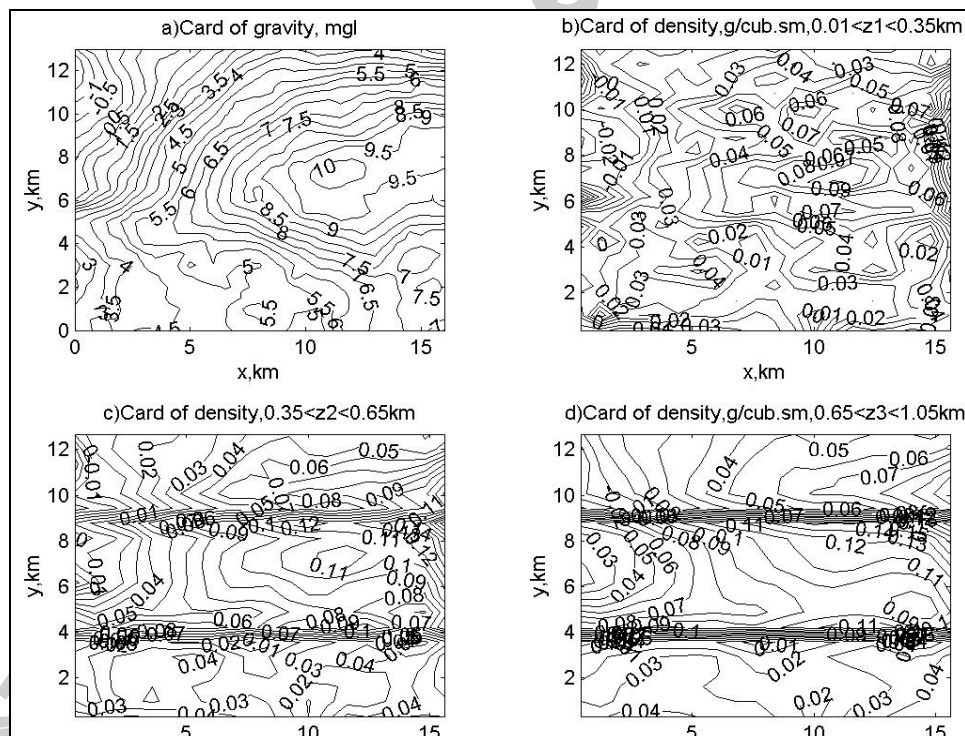


Рис.1. Результат рішення ОЛЗГ на другому етапі для тришарової моделі по 20х20 блоків у кожному шарі: а) карта аномального небесеродненого поля сили тяжіння; б) карта аномальної щільності гірських порід першого шару потужністю 0,01<z1<0,3 км; в) карта аномальної щільності гірських порід другого шару потужністю 0,3<z2<0,65 км; д) карта аномальної щільності гірських порід третього шару потужністю 0,65<z3<1,05 км (ізолінії приведені в г/куб.см)

Одержане поле, звільнене від регіонального фону, було знову проінтерпретоване даною системою розв'язку ОЛЗГ для трьох шарової моделі зі сталою щільністю в кожному з 1200 паралелепіпедів і в результаті трансформоване в 3D-модель розподілу

аномальної густини гірських порід верхньої частини земної кори. На рис.1b,c,d приведені горизонтальні зрізи додаткового розподілу аномальної густини гірських порід в кожному шарі, який не можна було виділити під час попередньої інтерпретації гравітаційного

поля одним методом будь-якою кількістю ітерацій. Тектонічні зони ретельно простежені в двох зрізах на більшій глибині, а в верхньому шарі ці зони ($X=4000\text{м}$ та $X=9000\text{м}$) виділяються слабо і простежуються тільки по наявності малих ділянок з малим відхиленням щільності. В другому та третьому шарах біля зон високих градієнтів щільності виділено аномалії підвищеної щільності, які пояснюються високим вмістом сульфідних мінералів в породах карбонатного складу.

На рис.2 приведена карта аномальної щільності гірських порід, одержана в результаті розв'язку ОЛЗГ на першому етапі для тієї ж трьох шарової моделі, але вже після осереднення поля сили тяжіння (рис.1а). Тут також зафіксовані зони збільшеної щільності гірських порід в центральному блоці гірських порід карбонатного складу біля самих тектонічних зон, що пояснюється приносом в ці зони з глибини важкої сульфідної мінералізації.

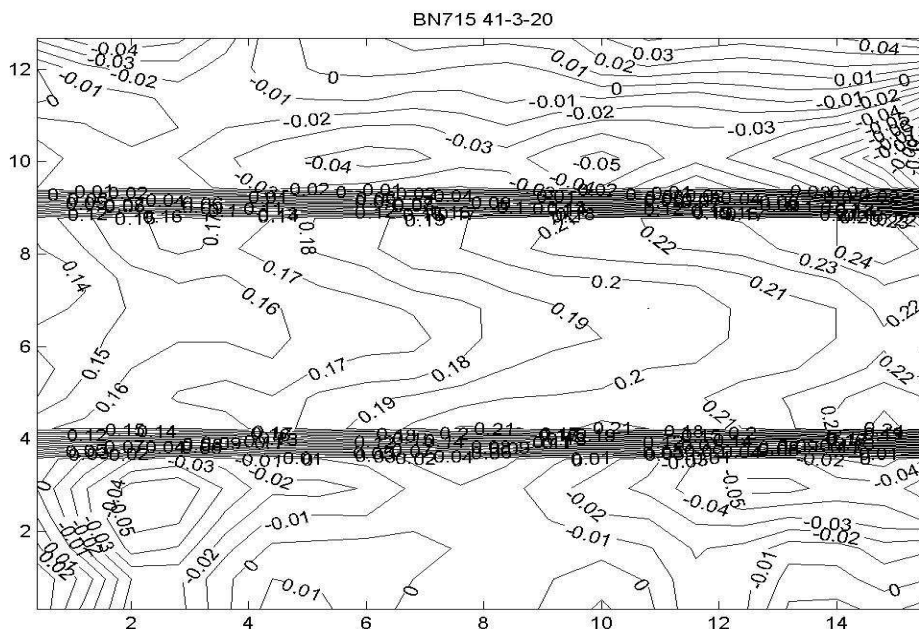


Рис.2. Результати інтерпретації осередненого поля сили тяжіння на першому етапі: карта аномальної щільності гірських порід другого шару потужністю $0,3 < z_2 < 0,65 \text{ км}$ (ізолінії приведені в г/куб.см)

Висновки

1. Вивчення будови тектонічних зон можливе за допомогою лінійно-нелінійних методів гравіметрії. 2. Необхідне формування комплексу методів розв'язку обернених задач гравіметрії. 3. Треба використовувати різні фізичні моделі геологічного середовища. 4. Почергове використання по декілька ітерацій різних алгоритмів ОЛЗГ та ОНЗГ є ефективним засобом вивчення будови тектонічних зон в місцях будови екологічно небезпечних об'єктів.

1. Миненко П.А., Миненко Р.В. Исследование структуры гранито-мigmatитно-гнейсовых комплексов украинского щита нелинейными методами гравиметрии. "Научный вестник Национального горного университета", №9, Днепропетровск, 2005, с.66-68. 2. Миненко П.А. Линейно-нелинейная обратная задача гравиметрии при поисках рудных месторождений в приповерхностной части Украинского кристаллического щита. "Сборник научных трудов Национального горного университета", №23, Днепропетровск, 2005, с.136-143. 3. Миненко П.А. Особенности решения обратной линейно-нелинейной задачи гравиметрии. // Геоинформатика, НАНУ, Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАН України, №4, 2005, с.31-35.

УДК 550.89

О. Іванік, канд. геол. наук, доц.
О. Лісова, асп.

ПРИНЦИПИ АНАЛІЗУ ВОДНО-ГРАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ У МЕЖАХ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Визначено головні підходи до вивчення водно-гравітаційних процесів у межах Закарпатської області, що полягають у дослідженні напружено-деформованого стану геологічного середовища. Проаналізовано головні фактори виникнення зсувних явищ та визначено параметри, що повинні враховуватись у розрахунково-аналітичному модулі по аналізу водно-гравітаційних процесів та їх впливу на ПТС.

The main approaches to the study of water-gravity processes in Carpathian region have been determined. They are lied in research of strain-deformed state of geological environment. The main factors of landslide formation have been analyzed. The parameters which must analyzed in water-gravity processes analytical modul have been estimated.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Всі лінійні інженерні споруди, у тому числі магістральні трубопроводи, залізничні полотна й автошляхи є природно-техногенними системами (ПТС). Їх функціонування перебуває в прямій залежності від інженерно-геологічних умов території. Для забезпечення надійності й підвищення ефективності функціонування ПТС, збере-

ження навколишнього середовища, у тому числі геологічного середовища (ГС), під впливом різних факторів необхідними є оцінка, аналіз і прогноз змін геологічного середовища й негативних наслідків таких змін для інженерних об'єктів і навколишнього середовища. Оцінка прямих і зворотних зв'язків лінійних споруд та геологічного середовища вимагають аналізу комплексу факторів,

© О. Іванік, О. Лісова, 2006