

Для вибору екологічно безпечних (граничних) умов техногенного впливу (наприклад, при бурінні морських свердловин) необхідно знати, як поведе себе природний об'єкт (в нашому випадку – донні відклади, вода, флора, фауна і атмосфера над районом буріння) під дією факторів різного генезису. Оскільки кожна екосистема являє собою складну дифузну, динамічно розвинену систему із багатовимірним ланцюгом внутрішніх зв'язків, а також враховуючи розмаїття техногенних факторів діяльності людини, розробка оптимального алгоритму антропогенного навантаження на природне (у т.ч. морське) середовище потребує системного підходу.

Системний підхід до вивчення біосфери Землі був сформульований в кінці XIX століття В.В. Докучаєвим. Основою такого підходу є "... віковий і завжди закономірний зв'язок між силами, тілами та явищами, між рослинним, тваринним, мінеральним царством з одного боку, і людиною, її побуттом і навіть духовним світом – з іншого...". Розвиваючи цю думку, М.О. Бердяєв у 1918 році виокремлює один з основних принципів системного аналізу – ієрархічність: "Увесь світовий шлях буття є складна взаємодія різних ступенів світової ієрархії індивідуальностей, творче вростання одної ієрархії в іншу...".

В геології системний підхід розуміється як метод пізнання, при якому об'єкт дослідження розглядається в якості системи, що складається з множини структурних елементів, які об'єднуються між собою сукупністю внутрішніх зв'язків і володіють властивостями ієрархії й синархії (рівноправної узгодженості об'єктів систем по латералі).

Основою системного аналізу в умовах розмаїття й складності наявної вихідної інформації є, як відомо, моделювання. Мета системного аналізу – створити таку фізико-математичну модель об'єкту (або процесу) досліджень, котра описувала б усі особливості будови і функціонування досліджуваного об'єкту (процесу) серед інших об'єктів (процесів).

Принципи системного аналізу при розв'язку задач екологічної безпеки морського середовища у випадку забруднення його вуглеводневою сировиною та/або продуктами її переробки можуть бути реалізовані в моделі екологічного дизайну, в якій розкриваються причинно-наслідкові зв'язки та характер взаємодії, наприклад, нафтопромислового (або іншого) об'єкту із навколишнім середовищем. Основними задачами екологічного дизайну є: створення екологічної рівноваги природно-технічної системи; активізація внутрішніх зв'язків саморегуляції природної системи; вчасне виключення можливостей експлуатації об'єктів (бурих свердловин, транспортних засобів і т.п.) при загрозі забруднення і порушення екологічної рівноваги.

В базисній моделі екологічного дизайну розглядається взаємодія з природним середовищем двох факторів: організаційного (персонал, структура управління, організація робіт) та технологічного (техніка, апаратура, методичне забезпечення). Для збереження екологічної рівноваги в районах, що можуть зазнати нафтового забруднення (наприклад, в акваторіях, де ведуться бурові роботи), необхідна узгоджена взаємодія цих факторів. Будівництво свердловин призводить до зниження екологічної ємності середовища. Тому головним завданням природоохоронної діяльності бурових підприємств – створити такі умови буріння, за яких виключається можливість виникнення граничних техногенних навантажень на об'єкти природного середовища.

Організаційний фактор виявляється, як правило, достатньо консервативним і менш підданим до змін. Технологічний фактор – більш динамічний, мінливий. Взаємодія між природним середовищем і технологією виробництва (технікою, методикою робіт) повинна будуватися за принципом зворотного зв'язку: всяка негативна реакція середовища повинна викликати відповідну реакцію технології на виниклу ситуацію з метою ліквідації (а краще – попередження) її наслідків.

Зокрема, для зменшення ризику забруднення морського середовища нафтою необхідно застосовувати сучасні екологічно нешкідливі технології проведення бурових і промислово-геофізичних робіт: кущове буріння похило-спрямованих та горизонтальних свердловин за допомогою вибійних телеметричних систем із одночасним виконанням геофізичних досліджень.

Природно, що оптимальними умовами організації безпечної для оточуючого середовища технології є такі, за яких основні виробничі процеси мало залежать від персоналу, а структури управління складають невід'ємну частину технології, що використовується.

На закінчення підкреслимо ще раз, що проблема захисту водного середовища Землі від забруднення, зокрема, нафтового забруднення, вже давно потребує зусиль усієї світової спільноти. Для України особливо важливим є повноцінна участь і виконання програми біомоніторингу забруднення Середземноморського басейну, включаючи акваторії Чорного та Азовського морів.

1. В.М. Курганський, І.В. Тишасєв. До питання забруднення оточуючого середовища в процесі буріння нафтових та газових свердловин // Вісник Київ. ун-ту. Геологія. – 2006. – Вип.38. – С.7-9. 2. Курганський В.М., Тишасєв І.В. Особливості та джерела забруднення нафтою й нафтопродуктами морського середовища // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції "Моніторинг безпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища" 21-24 вересня 2006 року. – К., 2006. – С. 158-159. 3. Поспелов В.В. Природоохоронні заходи при розвідці і розробці родовищ нафти і газу. – М.: РГУ нафти і газу ім. И.М. Губкіна, 2002. – 57 с.

Надійшла до редакції 23.01.07

УДК 550.831+550.838

Г.Т. Продайвода, д-р фіз.-мат. наук, П.І. Гришук, канд. геол. наук

ГРАВИМАГНІТНИЙ МЕТОД ГЕОКАРТУВАННЯ СТРУКТУРНО-РЕЧОВИНИХ КОМПЛЕКСІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Розглядається новий метод кількісної геологічної інтерпретації гравімагнітних досліджень. В його основі лежать принципи геофізичної томографії, які дозволяють однозначно визначити вплив на зареєстроване геофізичне поле досліджуваного об'єкту тектонічної структури геологічного середовища, у відповідності із масштабом і глибиною досліджень, складається з елементарних кубічних комірок. Для розв'язку прямої і зворотної задач гравімагнітометрії застосовується єдина базатоконцентна тріщинувата модель, ефективні магнітні і густинні властивості якої розраховуються методом умовних момент них функцій із застосуванням розрахункової схеми Мопі-Тонака.

A new method of quantitative geological interpretation of gravity and magnetic data are discussed. Principles of geophysical tomography, which allow simply to define the influence on the registered geophysical field of the explored volume of tectonic structure of geological object are used. The volume of geological environment, in accordance with scale and depth of researches, consists of elementary cube blocks. For the solution of direct and reverse problems of gravity and magnetism the unique multicomponent crack model is used. Effective magnetic and density properties by the method of conditional moment functions with application of computation chart Morey and Tonaka are calculated.

Вступ. Підвищення вимог до ефективності геофізичних досліджень та ускладнення задач по глибинному геологічному картуванню на території Українського щита

та вимагає нових підходів до геологічної інтерпретації геофізичних спостережень.

© Г.Т. Продайвода, П.І. Гришук, 2007

В якості підходу до моделювання геологічного середовища обрано сітковий метод. В цьому способі фіксується розмір та конфігурація комірки, а підбираються її фізичні параметри (густина, намагнічування). В працях авторів, зокрема, А.А. Юнькова та Є.Г. Булаха (1958) [1], використовується множина ідентичних прямокутних або квадратних блоків при підборі надлишкової густини в блоках. В подальшому такі дослідники, як Last і Kubik (1983) [2], Guillen і Menichetti (1984) [3], Fedi та Rapolla (1999) [4], Silva (2001) [5], П. А. Миненко (2005) [6] та ін., удосконалювали алгоритми інверсії фізичних параметрів.

Сіткове моделювання геологічного середовища.

Розглядається новий метод кількісної геологічної інтерпретації гравімагнітних досліджень. В його основі лежать принципи геофізичної томографії, які дозволяють однозначно визначити вплив на зареєстроване геофізичне поле досліджуваного об'єму тектонічної структури геологічного об'єкту. Згідно із новими методологічними і теоретичними принципами комплексної геологічної інтерпретації геофізичних даних об'єм геологічного середовища, у відповідності із масштабом і глибиною досліджень, розбивають на елементарні кубічні комірки. Орієнтація елементарної кубічної комірки в географічній і магнітній системі координат наведена на рисунку 1.

В межах цієї комірки геологічне середовище вважається квазіоднорідним. Для розв'язку прямої і зворотної задач гравімагнітометрії застосовується єдина багато-

компонентна тріщинувата модель, ефективні магнітні і густинні властивості якої розраховуються методом умовних момент них функцій із застосуванням розрахункової схеми Морі-Тонака.

Гравітаційне і магнітне поля, які зареєстровані в точці спостережень є сумарними, так як вони створюються усіма гравітаційними і намагніченими об'єктами, а не лише об'ємом, який досліджується

$$\Delta g^{cr}(x, y, 0) = \Delta g_K(x, y, 0) + \Delta g_\phi(x, y, 0) + \Delta \bar{g}(x, y, 0), \quad (1)$$

$$\Delta T^{cr}(x, y, 0) = \Delta T_K(x, y, 0) + \Delta T_\phi(x, y, 0) + \Delta \bar{T}(x, y, 0), \quad (2)$$

де $\Delta g_K(x, y, 0)$, $\Delta T_K(x, y, 0)$ – аномальні гравітаційне і магнітне поля, які породжуються кубічними комірками макроскопічного об'єму, $\Delta g_\phi(x, y, 0)$, $\Delta T_\phi(x, y, 0)$ – аномальні гравітаційне і магнітне поля, які створюються масами, що знаходяться за межами досліджуваного об'єму, $\Delta \bar{g}(x, y, 0)$, $\Delta \bar{T}(x, y, 0)$ – гравітаційне і магнітне поля випадкових завад (помилки вимірювань аномалій вектора магнітного поля та сили тяжіння, похибки апроксимації реального геологічного середовища однорідною елементарною кубічною коміркою та інші).

Аномальні гравітаційні (Δg^{mod}) і магнітні (ΔT^{mod}) ефекти від елементарних кубічних комірок обчислюються за формулами [7, 8]

$$\Delta g^{mod}(x, y, 0) = \gamma \Delta \rho \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 S \left[h_k \arctan \frac{a_j b_l}{h_k R_{ijk}} - a_j \ln(R_{ijk} + b_j) - b_l \ln(R_{ijk} + a_l) \right], \quad (3)$$

$$\Delta T^{mod}(x, y, 0) = \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 S \left[G_1 \ln(R_{klm} + \alpha_k) + G_2 \ln(R_{klm} + \beta_l) + G_3 \ln(R_{klm} + \eta_m) + G_4 \arctan \frac{\alpha_k \eta_m}{R_{klm} \beta_l} + G_5 \arctan \frac{\beta_l \eta_m}{R_{klm} \alpha_k} \right], \quad (4)$$

де γ – гравітаційна стала, $\Delta \rho$ – надлишкова густина, $R_{ijk} = (a_i^2 + b_j^2 + h_k^2)^{1/2}$, $S = (-1)^{i+j+k}$, $i, j, k = 1, 2$; $R_{klm} = (\alpha_k^2 + \beta_l^2 + \eta_m^2)^{1/2}$, $\alpha_k = a_k - x$, $\beta_l = b_l - y$, $\eta_m = h_m - z$; $S = (-1)^{k+l+m}$, $k, l, m = 1, 2$, $G_2 = J(L_r + N_p)$, $G_3 = J(N_q + M_p)$, $G_4 = J(N_r - M_q)$, $G_5 = J(N_r - L_p)$, $p = \cos / \cos(D - \theta)$, $q = \cos / \sin(D - \theta)$, $r = \sin l$, $L = \cos I_0 \cos(D_0 - \theta)$, $M = \cos I_0 \sin(D_0 - \theta)$, $N = \sin I_0$, I , D – нахилення та схилення геомагнітного поля, J – модуль вектора намагніченості елементарного кубу, I_0 , D_0 – полярний і азимутальний вектори намагніченості, θ – між горизонтальними осями систем координат точки спостережень (x, y, z) та кубічної комірки (x', y', z') .

Глобальна оптимізація поставленої задачі здійснюється шляхом мінімізації цільової функції:

$$\Phi_2(\vec{x}) = \sum_{v=1}^M \left[\frac{(\Delta g_v^{cr} - \Delta g_v^{mod})^2}{(\Delta g_v^{cr})^2} + \frac{(\Delta T_v^{cr} - \Delta T_v^{mod})^2}{(\Delta T_v^{cr})^2} \right] / M, \quad (5)$$

де Δg_v^{cr} , ΔT_v^{cr} – аномальне гравітаційне і магнітне поля, які зареєстровані в точці спостережень, Δg_v^{mod} , ΔT_v^{mod} – аномальне гравітаційне і магнітне поля, що обчислені із найденого наближення кількісного мінералогічного складу в елементарних кубічних комірках, які використовуються для обчислень її ефективних густинних і магнітних властивостей, \vec{x} – вектор невідомих параметрів, який включає щільність тріщин, кількісний мінералогічний склад кубічної комірки і аномальні ефекти від об'єктів, що знаходяться за межами досліджуваного об'єму, та флюктуаційні складові.

Розрахунок параметрів виконується для десяти основних породоутворюючих мінералів: кварц, ортоклаз, плагіоклаз, біотит, амфібол, піроксен, олівін, магнетит, польовий шпат та гранат.

Теоретичний приклад. В якості моделі задано об'єкт з дев'яти кубиків. Розмір кубика 10 м, задана вертикальна ефективна намагніченість $J = 1$ А/м і густина $\rho = 1000$ кг/м³ (або 1 г/см³ в системі СГС) (рис. 2). Для заданої моделі були розраховані гравітаційне (Δg) та магнітне поля (ΔT) на профілі значень x від 0 до 130 метрів з кроком 10 м.

При заданих значеннях ефективних намагніченості ($J = 0,01$ А/м) і густини ($\rho = 1000$ кг/м³) для розрахування полів була виконана інверсія фізичних параметрів. В результаті застосування оптимізаційної схеми Морі-Тонака після 350 ітерацій було отримано розв'язок зворотної задачі гравімагніторозвідки (рис. 3). Обчислення свідчать, що одержано фізичні параметри (J , ρ), котрі загалом підібні до вихідної моделі. Середня квадратична відносна похибка функціоналу (5) складає 0,001 (рис. 4), а середнє відхилення на точці підібраних полів складає 1,76 %.

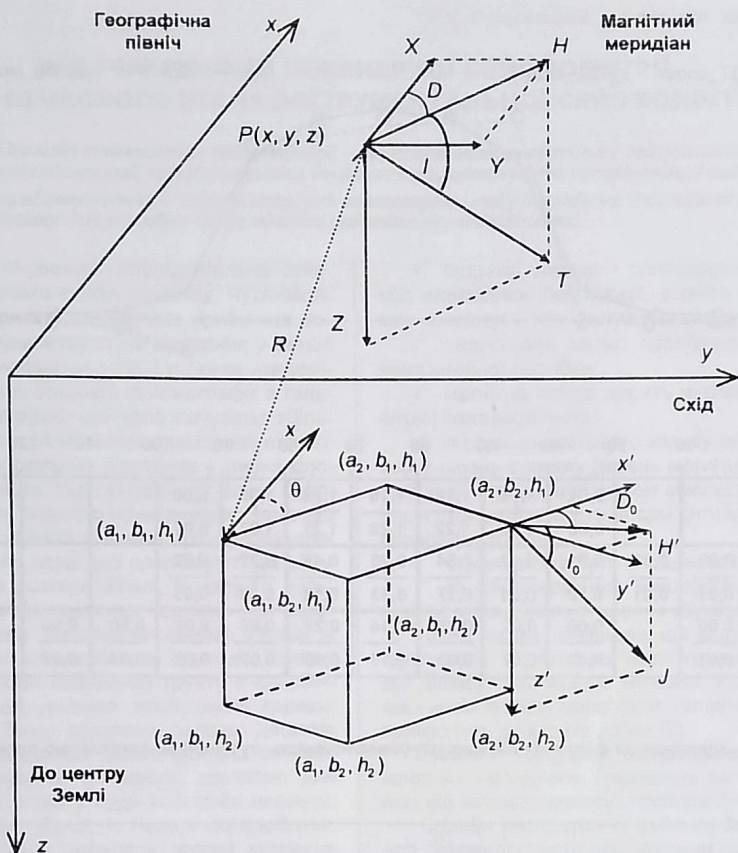
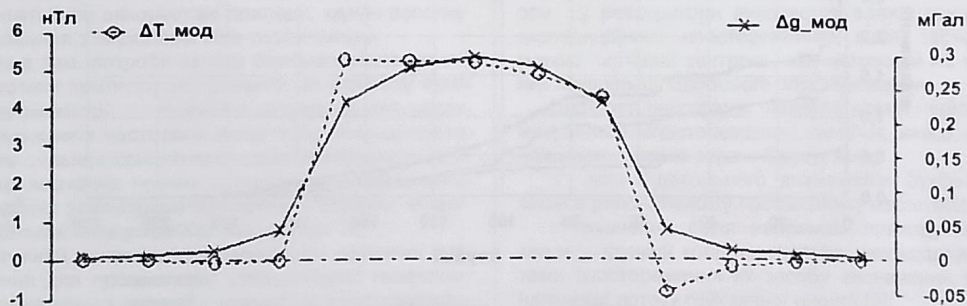


Рис. 1. Елементарна кубічна комірка та її розміщення в географічній і магнітній системах координат



0																		
5				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00										
10				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00										
15					1,00	1,00	1,00											
20					1,00	1,00	1,00											
25						1,00												
30						1,00												

$\rho(r/cm^3)$
 $J(A/m)$

Рис. 2. Заданий теоретичний розріз середовища, котрий складено кубічними комірками. В кожній з яких задаються такі фізичні параметри: чисельник – густина (r/cm^3), а знаменник – намагніченість (A/m)

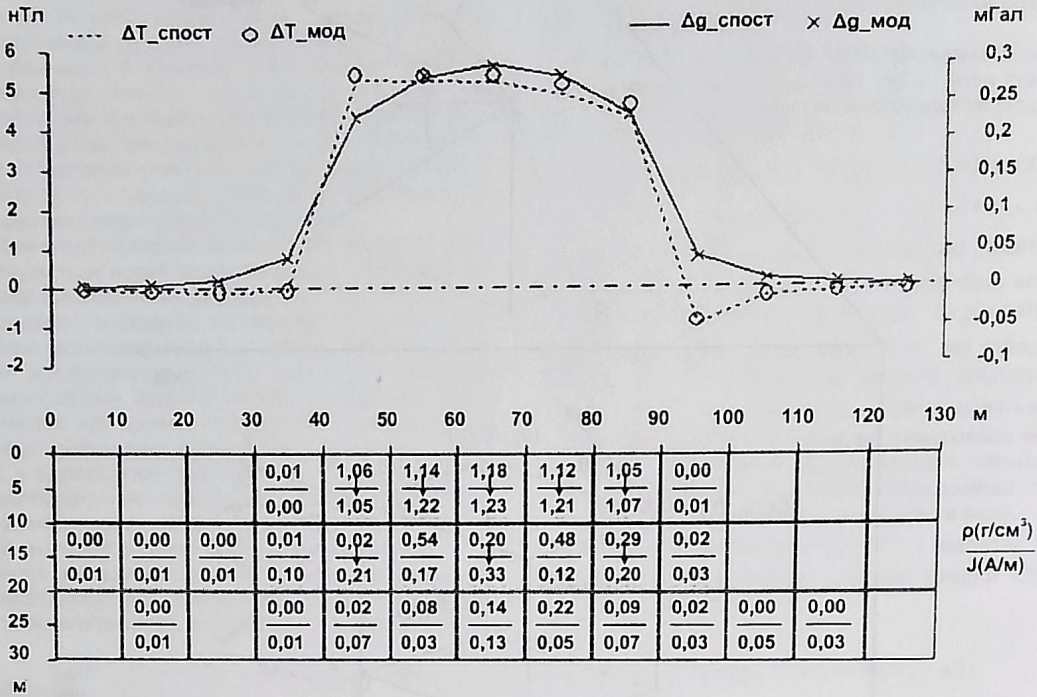


Рис. 3. Результати моделювання фізичних параметрів (намагніченість, густина) за допомогою оптимізаційної технології

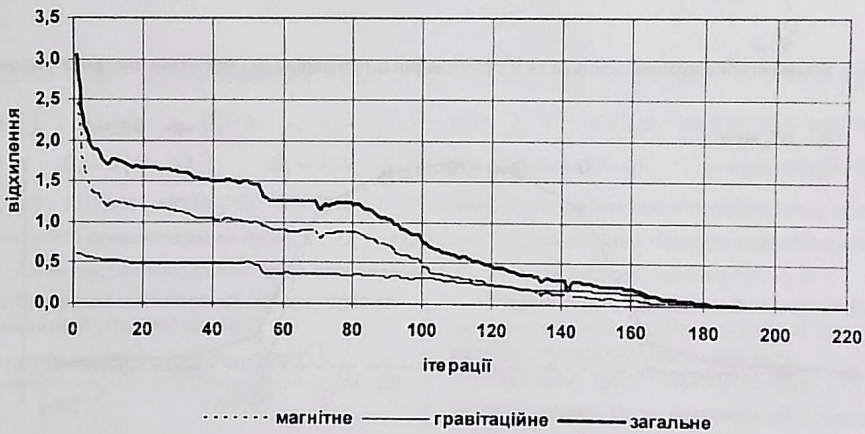


Рис. 4. Поведінка середньоквадратичного відносного відхилення (δ) при оптимізації

Із розрахунків валового хімічного складу кубічної комірки знаходять кількісний склад петротипів об'єкту дослідження на різних глибинах.

Висновки. Розглянуто новий метод кількісної геологічної інтерпретації гравімагнітних досліджень дозволяє розраховувати ефективні магнітні, густинні властивості середовища та його мінералогічний склад. Запропонований метод кількісної геологічної інтерпретації гравімагнітних досліджень можна використовувати для двох тривимірних моделювання.

1. Юньков А. А., Булах Є. Г. Про точність визначення щільності аномальних мас методом сіток // Доповіді Української академії наук. –1958,

№ 11. – С. 1234-1237. 2. Last, B. J., and K.Kubik Compact gravity inversion // Geophysics. – 1983, v. 48, P. 713–721. 3. Guillen, A., and V. Menichetti Gravity and magnetic inversion with minimization of a specific functional // Geophysics. – 1984, v. 49, P. 1354–1360. 4. Fedi M., Rapolla A. 3-D inversion of gravity and magnetic data with depth resolution // Geophysics. – 1999, v. 64, No. 2, P. 452–460. 5. Silva J., Medeirosz, W, Barbosa V. Potential-field inversion: Choosing the appropriate technique to solve a geologic problem // Geophysics. – 2001, v. 66, No. 2, P. 511–520. 6. Муненко А. П. Особенности решения обратной линейно-нелинейной задачи гравиметрии. Геоинформатика. – 2005, № 4. С. 31 – 35. 7. Bhaskara Rao, D. A rapid method for three-dimensional modeling of magnetic anomalies // Geophysics. – 1991, v. 56, P. 1729-1737. 8. Bhaskara Rao, D. Prakash, M. J., and Ramesh Babu, N. 3-D and 2 1/2-D modelling of gravity anomalies with variable density contrast Geophys. Prosp. П – 1990, v. 38, P. 411–422.

Надійшла до редколегії 19.03.07