

том ідеально струмопровідної породи безрозмірний коефіцієнт електропровідності зменшується при зменшенні показника нелінійності. Підкреслимо також, що встановлені значення визначальних параметрів відповідають точним вершинам триточковим оцінкам роботи [7].

#### 6. Висновки

В роботі розглянуто узагальнення моделі, запропонованої в [1; 4; 10], на випадок геологічного електропровідного середовища. Ефективна електропровідність середовища складної структури визначається на підставі оптимізації наближено визначеної енергії для нелінійно струмопровідних гірських масивів. Такий підхід дозволяє фізично та математично обґрунтовано підійти до процедури вибору середовища порівняння [4, 12]. При цьому еківалентність поведінки реального геологічного та модельного середовищ базується на оптимально обчислених параметрах, що визначають ступінь провідності. В тому числі розглянуто випадки суттєво нелінійної поведінки компонентів, а також екстремальні (аномальні) випадки середовищ із вмістом ідеальної провідності та ідеального ізолятора.

1. Выхва С.А., Маслов Б.П., Прохадова Г.Т. Эффективные упругие свойства нелинейных многокомпонентных геологических сред // Геофиз. журн. – Т. 27 (2005), С.86-96. 2. Мисен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред. – Москва, 1991. 3. Маслов Б.П., Лышенко Я.Г. Концентрация напряжений в трещинах иокрупняках изомпактах з мікро тріщинами // Вісник Дніп. ун-ту. – 2002. – №2. – С. 50-53. 4. Маслов Б.П., Прохадова Г.Т., Выхва С.А. Новый метод математического моделирования процессов разрушения в литосфере // Геоинформатика, 2006 – №3. – С. 24-32. 5. Руда М.В., Руденко Т.В., Сорогов Н.С. До питання про визначення ефективних параметрів геоелектричного розподілу в методі інтегральних індукційних зондувань // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геологія, 2007. – Вип. 41. – С. 13-17. 6. De Botto and P.P. Castaneda. Variational estimates for the creep behavior of polycrystals // Proc. R.Soc.Lond., 1995. – A. 443-121-142. 7. Kanani S.K. Dielectric properties of matrix composite materials with high volume concentrations of inclusions (effective field approach) // International Journal of Engineering Science 4:2003. – С. 1287-1312. 8. Maslov B.P. Stress concentration in non-compressible multi-component material // Int.Appl. Mech., 2000 – 38, No. 3. – С. 108-114. 9. Maslov B.P. Thermal-stress concentration near inclusions in viscoelastic random composites // Journal of Engineering Mathematics Springe, 2008. – Т. 58. – С. 34-59. 10. Maslov B.P., Prokhadova G.T. Dispersion and scatter of elastic waves in a jointed geological medium // Geophysics, J., – 1998. – P. 303-316. 11. Tabbot, D.R.S. and J.R. Willis. Bounds for the Effective Constitutive Relation of a Non-linear Composite // Proc.R.Soc.Lond., 2004. – A (460):2705-2723. 12. Willis J.R. On methods for bounding the overall properties of nonlinear composites // J.Mech. Phys. Solids, 1991. – 39(1) – P. 73-86.

Надійшла до редакції 11.03.08.

УДК 56.569(119)

С. Попов, зав. лаб., А. Сухорада, канд. геол.-мін. наук, М. Решетник, асп.

## МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З РУДОНОСНІСТЮ НА ПРИКЛАДІ КРИСТАЛІЧНОГО ФУНДАМЕНТУ УКРАЇНСЬКОГО ШИТА

*Отримано дані про магнітні властивості рудоконтролюючих та фонових порід рудоперспективних ділянок та родовищ Українського щита (Азовське, Майське, Суразьське). Виявлені та проінтерпретовані характерні риси магнітних параметрів, що пов'язані з процесом рудоутворення.*

*The data concerning the magnetic properties of the ore-controlling (Azovske, Maiske, Surozke ore deposit) and background rocks of Ukrainian shield have been obtained. The characteristic pattern of the ore genesis connected magnetic parameters has been established and interpreted.*

**Вступ.** На сьогодні розвиток методів магнітометрії дозволяє отримати магнітну модель території, що часом є основою складової геологічної моделі. Насичення геологічних даних магнітометричними вже давно є традиційним при дослідженні порід кристалічного фундаменту. Ефективність використання магнітної складової в багатьох випадках залежить від досвіду інтерпретатора. Низько дослідників зафіксовано та вивчені закономірні зміни магнітних властивостей, що пов'язані зі зміною геологічних, зокрема рудних характеристик. Печерським Д. М. та Романовським М.П. виявлено зв'язок магнітних властивостей гранітоїдів Північного Сходу з їх металогенічною перспективністю [6; 7; 8]. Бродська С.Ю., Бакланова В.В., Шпилько Л.Г. встановили суттєві зміни магнітних параметрів в зонах зрудення гірських порід [1; 4; 5; 10]. В попередніх дослідженнях авторів доведено зростання параметрів магнітної жорсткості в зонах рідкісноземельного зрудення [9]. Отже доведено існування зв'язку між магнетизмом та рудоносністю гірських порід.

Зважаючи на високу металогенічну перспективність кристалічного фундаменту Українського щита (УЩ), необхідним є вивчення магнітометалогенічних залежностей в його межах. Перш за все потрібне вивчення вже відомих рудних областей, для виявлення та інтерпретації притаманних рудоперспективним структурам УЩ магнітних властивостей.

**Матеріали і методи.** Об'єкти досліджень були обрані Азовське, Майське та Суразьське родовища [2; 9]. Всі породи, що представлені в наведених родовищах були поділені на фонові (вміщуючі) породи, та породи, пов'язані з рудоутворенням. Перш вивчались нами в польових умовах та на керні картувальних свердловин, друп – на керні розвідувальних свердловин.

Виконано лабораторні магнітометричні дослідження презентативної колекції прських порід відібраних на наведених об'єктах досліджень. Вимірювались:  $\alpha$  – магнітна сприйнятливості,  $I_p$  – природна залишкова намагніченість;  $I_s$  – намагніченість насичення (поле насичення близько 3000 Е);  $I_{rs}$  – залишкова намагніченість насичення. Застосовуючи метод неперервного нагріву та метод послідовних нагрівів, реструтувалися криві температурних залежностей  $\alpha(t)$ ,  $I_s(t)$ ,  $I_{rs}(t)$ . Перелічені параметри досліджувались за допомогою аstatичного магнітометра LAM-24 та лабораторного капацістка KLY-2. Розраховувались: індуктивна намагніченість  $I_i = \alpha \cdot Z$ , де  $Z$  – вертикальна складова геомагнітного поля; фактор Кенігсбергера  $Q = I_p/I_s$ ; а також параметри, що відповідають за магнітну жорсткість  $\alpha = I_s/I_i$ ,  $\beta = I_{rs}/I_s$ . Окрім того виконано мінераграфічні дослідження.

**Результати.** Процес рудоутворення є за своєю природою азмальним. В нормальних умовах характерним є утворення типового феромагнетиту – магнетиту. В областях рудоутворення мають підвищуватися окислювальні або відновлювальні умови, що призводить до появи висококоерцетивних феромагнетиків. Загальноживаним магнітним параметром, який менше залежить від кількості феромагнетиту, а більше від його мінерального складу, є фактор Кенігсбергера ( $Q$ ). Слід зауважити, що величина  $Q$  визначається залишковою намагніченістю, яка може сильно змінюватися.

новатись в процесі відбору та дослідження зразка. З метою з'ясування того, наскільки  $Q$  може розглядатися в якості характеристики магнітної жорсткості (коерцетивності), нами проведено співставлення його з параметром  $\beta$ , який є вільним від впливу "технологічних" факторів. Результати цього співставлення для Суразьського та Майського родовищ золота свідчать про позитивний кореляційний зв'язок між  $Q$  та  $\beta$  (рис. 1).

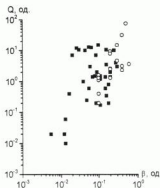


Рис. 1. Множина двопараметрової величини (фактора  $Q$  та параметра магнітної жорсткості  $\beta$ ) для порід Суразьського (квадратики) та Майського (кола) родовищ

Як відомо в межах Гайсинського блоку не виявлені рудні об'єкти, а значить основні групи порід не містять висококоерцетивних феромагнетиків. На рисунку 2а видно, що фактор  $Q$  порід Гайсинського блоку в основному не більше 4 одиниць. Подібна ситуація спостерігається і для безрудних, фонових порід Савранської рудоносної області, хоча вже спостерігається поява незначної кількості високих значень фактору  $Q$  (рис. 2б). Магнітні властивості отримані за результатами досліджень керну картувальних свердловин. Зростання магнітної жорсткості в областях зрудення виявлене нами при вивченні керну розвідувальних свердловин Майського та Суразьського родовищ. Таке зростання відображається у збільшенні кількості порід, що характеризуються величинами фактору  $Q$  більше 4 одиниць (рис. 2в, г).

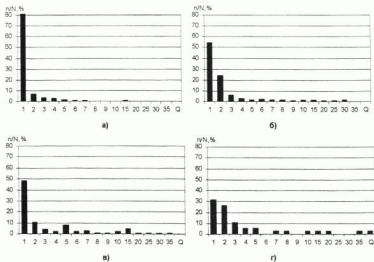


Рис. 2. Розподіл фактора  $Q$  для вміщуючих порід: а) Гайсинський блок, б) Савранський рудоносний район; та порід рудоконтрольних комплексів: в) Суразьке, г) Майське золоторудні родовища.  $n/N, \%$  - відношення кількості вимірних зразків, що мають фактор  $Q$  в одному з інтервалів до загальної кількості вимірних зразків

Рудні інтервали в Азовському рідкісноземельному родовищі були виявлені за допомогою радіоактивного каротажу, тоді як каротаж магнітної сприйнятливості фіксує практичну незмінність зв'язку в рудній та підрудній зонах. Потуж-

ність осадового чохла над родовищем більше 100 м, тому поверхневі радіометричні спостереження неефективні. Однак, історія відкриття Азовського родовища пов'язана з розбурюванням кільцевої аномалії магнітного поля амплітудою 100-400 нТл. За результатами наших досліджень така аномалія може бути створена рудними областями, оскільки саме в них спостерігається підвищення залишкової намагніченості, а отже і фактору Q (рис. 3). Не дивлячись на те, що були вивчені магнітні властивості репрезентативної колекції керну з чотирьох свердловин чіткої кореляції між параметрами Q та  $\beta$  не виявлено. Термомагнітні дослідження та рудна мікроскопія показали, що головною причиною, яка призводить до підвищення фактору Q порід збагачених на рідкісні землі Азовського родовища, є утворення більш окисненого магнетиту.

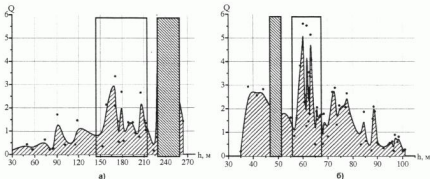


Рис. 3. Розподіл фактору Кенігсбергера (Q) Азовського родовища з глибиною (h): а) св.79, б) св. 69. Прямокутниками виділені області зрудинення

На Майському родовищі виявлено, що зразки, що вміщують золото чітко виділяються на діаграмі  $Irs(\alpha)$  (рис. 4). Всі вони лягають на один промінь з кутом нахилу більше  $45^\circ$ , що свідчить про наявність піротину у золотовміщуючих породах. Варто відмітити, що зразки із золотом на Майському родовищі характеризуються єдиним типом кривих  $\alpha(\theta)$  (рис. 5). Поведінка термомагнітної кривої свідчить про наявність: 1) гексагонального піротину  $\lambda$  типу [3], який з наближенням до температури Кюрі набуває магнітності (перша вершина, 250-300°), 2) магнітного моноклінного піротину, 3) піриту (друга вершина, 550-600°), 4) незначної кількості, або відсутності магнетиту. Таким чином, збільшення магнітної жорсткості в породах Майського родовища пов'язане з утворенням магнітного моноклінного піротину, що фіксується також мінераграфічними дослідженнями.

На Суразькому родовищі також нами виявлено збільшення фактору Q в рудних зонах. Зростання Q пояснюється розвитком піротину по магнетиту в рудоносних породах. Авторами [2] також відзначається поява піротину в рудних зонах. Окрім того висока магнітна жорсткість піротину обумовлює збереження первинного неколінеарного сучасному полю напрямку вектора залишкової намагніченості. Останнє відображається в збільшенні градієнтів магнітного поля, що і спостерігається над Суразькою рудоносною площею на карті магнітного поля.

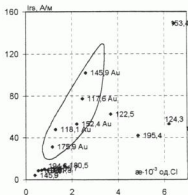


Рис. 4. Співвідношення залишкової намагніченості після насичення  $Irs$  та магнітної сприйнятливості  $\alpha$  порід Майського родовища

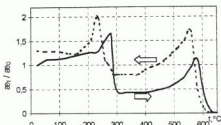


Рис. 5. Характерна крива залежності  $\chi(t)$  для золоторудних зразків Майського родовища (суцільна лінія – нагрів, пунктирна – охолодження)

**Висновки.** Більш високі значення параметрів магнітної жорсткості і фактору  $Q$  в рудних зонах виникають внаслідок утворення магнітожорстких мінералів: моноклінного піротину, магнетиту, гематиту. Такі риси притаманні зонам з різкою зміною окисно-відновлювального потенціалу, суттєвим перетворенням порід. В умовах докембрійського фундаменту це найбільш вірогідні ділянки зруденіння. Критерієм для знаходження металевих корисних копалин може бути найбільш градієнтне магнітне поле і збільшені значення параметрів магнітної жорсткості та фактору  $Q$ .

1. Бакланова В.В., Кушное Н.В., Бакланов Н.И. К переклассификации рудоносности Верховцевской синклинали по геофизическим данным // Геофиз. сб. - 1974. Вып. 57. 2. Бобров О.Б., Леоново О.А., Краченко Г.Л. та ін. Сурьмяне родовище золота // Основні типи природних комплексів і рудних родовищ Українського щита. - К., 2002. 3. Бродская С.Ю., Гендлер Т.С. О природе изменений пирротина  $\lambda$ -типа в области g-перехода // Физика Земли. - 1979. - №12. 4. Бродская С.Ю., Кузьмичева Е.В., Кузнецова Т.Л., Варламов В.А. Магнитные свойства пирротинных и условия формирования Холдинского месторождения // Физика Земли. - 1976. - №6. 5. Бродская С.Ю., Саркисан Г.А. Магнитные свойства ферромагнитных минералов и их роль при изучении физико-химических условий формирования золоторудных зон // Физика Земли. - 1984. - №1. 6. Печерский Д.М. Магнитные свойства гранитоидов Северо-Востока СССР // Магнитные свойства изверженных пород // За ред. Д.М. Печерского. - Магадан, 1964. 7. Романовский Н.П. Магнитная восприимчивость и некоторые металлогенные особенности гранитоидов Востока СССР // Сов. Геология. - 1976. - №12. 8. Романовский Н.П. Магнитная восприимчивость рудных гранитоидов Приамурья // Геол. руд. месторожд. - 1977. - №5. 9. Суходора А.В., Голос С.А., Спирядков С., Юшин О.О., Решетняк М.М. Магнитні властивості порід як критерій їх рудоносності (на прикладі Азовського родовища УщД // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геологія, 2005. - №34-35. 10. Шилько Л.Г. Геологическая природа отрицательных кольцевых аномалий Омсучанского типа // Кольма. - 1979. - №10.

УДК 550.344.094.6 : 528.687.4 : 004.932.26

Надійшла до редакції 7.03.08.

М. Лазаренко, канд. техн. наук, О. Герасименко, мол. наук співроб.

## Модельовання сейсмічної анізотропії акваторії Чорного моря за допомогою мереж штучних нейронів

Мережі штучних нейронів використовуються для створення моделей часу приходу фаз сейсмічних хвиль, збуджених землетрусами середземноморського басейну, до сейсмацій "Сквіра", "Одеса" та "Полтава". Триміри локальні географи чорноморського регіону презентуються у вигляді нев'язок з глобальними для окреслення можливих зон сейсмічної анізотропії. Розглядаються помилки моделювання та залежність часу приходу фаз хвиль від магнітуду.

The neural net approach is employed for modeling the initiated in Mediterranean region for "Skvira", "Odessa", and "Poltava" stations seismic waves time arrival. 3-D travel-time for Black Sea area is presented in the form of residuals to distinguish the zones of possible seismic anisotropy. The modeling errors and source magnitude travel-time dependence is discussed.

Аналіз записів сейсмічних подій, проведених в різних регіонах на різних епіцентральных відстанях, не залишає сумніву в існуванні відмінностей в фізичних властивостях геологічного середовища по різних напрямках, що, правда, є і окумувані результатом, що опирається на наші знання про різноманітні геологічні структури, через котрі пролягає шлях сейсмічних хвиль.

Оцінки, одержані в результаті лабораторних та натурних експериментів, дозволяють, в свою чергу, пов'язати швидкості (часи пробігу) пружних хвиль не тільки з вертикальною структурованістю Землі, але і з латеральними геологічними утвореннями, тому побудова вікіночних картин розподілу певних фізичних, одержаних з допомогою сейсмологічних досліджень, характеристик зможе допомогти зрозуміти взаємодію основних елементів архітектури середовища. З цією метою ми використовуємо розподіл нев'язок часів пробігу змодельованих сейсмічних хвиль з такими, що визначаються з допомогою глобального географу [1, 2] і використовують в якості реперного. Величини цих нев'язок оцінюються для різних глибин пілоцентрів та значень магнітуд і відтворюються у вигляді двомірних проєкцій на земну поверхню досліджуваної території, причому, позитивні значення відносяться до випередження, а від'ємне - запізнюванню часу приходу в точку реєстрації змодельованої хвилі відносно реперної.

**Постановка задачі.** Для регіону Чорного моря та прилеглих територій будуються моделі часу приходу до сейсмічних станцій "Одеса", "Сквіра" і "Полтава" Р- та S-фаз сейсмічних хвиль, що генеруються карпатськими, кавказькими та середземноморськими джерелами землетрусів. Ці моделі створюються на базі багатозарових, простопоточних, повноз'язаних, керованих мереж штучних нейронів, де в ролі вчителя (цільового значення) виступають часи вступу фаз сейсмічних хвиль, а навчання мереж виконується методом зворотної передачі помилки [3]. Навчені на вибірках даних, що характеризуються такими параметрами як глибина пілоцентру землетрусу, магнітуда, епіцентральна відстань та зворотний азимут, одержаних на матеріалі реєстрації порядку 250 подій (середня кількість для ко-