відзначено підвищення значень магнітної сприйнятливості таких зон у десятки разів.

Дослідження педогенної природи магнетизму ґрунтів показали, що основними джерелами формування магнетиту та інших магнітних мінералів можуть виступати магнетотактичні бактерії. Існує цілий ряд таких організмів, що відрізняються за розмірами, типами, формами клітин. Саме у таких клітинах іде процес розвитку від безмагнітного стану до формування найдрібніших магнітних частинок у магнітосомах. Ця тема потребує ширшого висвітлення у наступних роботах.

Список використаних джерел

1. *Dlouha S.* Mineral magnetic properties of polluted Gleyic Fluvisols – a case study of Litavka alluvium / S. Dlouha, E. Petrovsky, O. Drabek // Contributions to Geophysics and Geodesy "Paleo, Rock and Environmental Magnetism 13th Castle Meeting – 2012. – Special issue. – P. 21-22.
2. *Dytlow S. K.* Identification of soil horizons in the Ukrainian loess by using magnetometry / S. K. Dytlow, B. Gorka-Kostrubiec // Contributions to Geophysics and Geodesy "Paleo, Rock and Environmental Magnetism 13th Castle Meeting – 2012. – Special issue. – P. 23.
3. *Gladysheva M. A.* Detection of Technogenically Contaminated Soil Areas Based on Their Magnetic Susceptibility / M. A. Gladysheva, A. V. Ivanov, M. N. Stroganova // Eurasian Soil Science, 2007, Vol. 40, No. 2, pp. 215–222.
4. *Gehring A. U.* Ferromagnetic resonance spectroscopy and anisotropy traits of magnetotactic bacteria / A. U. Gehring, J. Kind, I. Garcia-Rubio // Contributions to Geophysics and Geodesy "Paleo, Rock and Environmental Magnetism 13th Castle Meeting – 2012. – Special issue. – P. 47-48.
5. *Grison H.* Characterization of magnetically enhanced buried soil layer in arid environment / H. Grison, E. Petrovsky, A. Kapicka, P. F. Silva, E. Font // Contributions to Geophysics and Geodesy "Paleo, Rock and Environmental Magnetism 13th Castle Meeting – 2012. – Special issue. – P. 51-52.
6. Jordanova *D.* Environmental significance of magnetic properties of Gley soils near Rosslau (Germany) / D. Jordanova, N. Jordanova, U. Werban // Environmental Earth Sciences. – 2012. – P. 234-247.
7. *Maksymchuk V.* Magnetic properties of oil-and-gas-bearing Paleozoic sediments of the Dnipro-Donets depression / V. Maksymchuk, R. Kuderavets, I. Kryva // Contributions to Geophysics and Geodesy "Paleo, Rock and Environmental Magnetism 13th Castle Meeting – 2012. – Special issue. – P. 79-80.
8. *Menshov O.* Multipurpose magnetic investigations in Ukraine for solving environmental tasks/ O. Menshov, A. Sukhorada , R. Homenko, O. Kruglov // Contributions to Geophysics and Geodesy "Paleo, Rock and Environmental Magnetism 13th Castle Meeting – 2012. – Special issue. – P. 87-88.
9. *Menshov O.* Ultradetailed Environmental Magnetic Investigations in Ukraine / O. Menshov, A. Sukhorada, R. Homenko, O. Kruglov // EarthDoc. Near Surface Geoscience. – 2012. – Paris, France. – Диск CD. http://earthdoc.eage.org/detail.php?pubid=61751
10. Sapkota *B.* Investigation of the changes in magnetic and chemical properties of soil during plant growth in a controlled environment / B. Sapkota, M. T. Cioppa, J. E. Gagnon // Environmental Earth Sciences. – 2012. – Volume 65, Issue 1 – P. 385-399.
11. *Schuler D.* Formation of Magnetosomes in Magnetotactic Bacteria / D. Schuler // Journal Molec. Microbiol. Biotechnol., 1999, vol. 1(1), pp. 79-86.
12. *Yang T.* Relationship between magnetic properties and heavy metals of urban soils with different soil types and environmental settings: implications for magnetic mapping / T. Yang, Q. Liu, Q. Zeng, L. Chan // Environmental Earth Sciences. – 2012. – Volume 66, Issue 2 – P. 409-420.
13. *Zawadzki J.* Geostatistical 3-dimensional integration of measurements of soil magnetic susceptibility / J. Zawadzki, T. Magiera, P. Fabijańczyk, G. Kusza // Environ Monit Assess. – 2012. – V. 184. – P. 3267–3278.
14. *Меньшов А. И.* Информативность показателей магнетизма почвенного покрова при решении агрогеофизических и почвоведческих задач / А. И. Меньшов, А.В, Сухорада // Науковий Вісник НГУ – 2012. – Дніпропетровськ – № 3(129). – С. 7-13.
15. *Меньшов А. И.* Магнетизм почв Украины / А.И. Меньшов, А.В. Сухорада // Науковий Вісник НГУ – 2012. – Дніпропетровськ – № 1(127). – С. 15-22.
16. *Орлюк М.* Археомагнитные исследования Бельского городища / М. Орлюк, Р. Ролле, Б. Ульрих, А. Роменец, Х. Цольнер // Исследования совместной украинско-немецкой археологической экспедиции 2005 г. Киев. – Институт археологии НАН Украины. – 2006.- С.99-122.
17. *Орлюк М. І.* Генетичні та структурно-генетичні зв'язки аномального магнітного поля Землі з її нафтогазоносністю / М. І. Орлюк // Геодинамика, тектоника и флюидодинамика нефтегазоносных регионов Украины. Тезисы докладов VII международной конференции Украины — Крым-2007, Симферополь. – 2007. – Изд.-во Ассоциация геологов г. Симферополь. – С. 105-107.
18. Почва, город, экология / [под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского]. – М.: Фонд "За экономическую грамотность", 1997. – 320 с

Надійшла до редколегії 28.01.13

А. Меньшов, канд. геол. наук
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

МАГНЕТИЗМ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА ЗЕМНОЙ КОРЫ: ЕСТЕСТВЕННАЯ И ТЕХНОГЕННАЯ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

Рассмотрено состояние проблемы магнитных исследований почв на современном этапе развития. Приведены примеры магнитных исследований почв загрязненных территорий для решения природоохранных задач. Исследована роль магнетотактических бактерий как источников формирования магнетизма незагрязненных почв.

Menshov O., Cand. Sci. (Geol.), Research Associate
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

MAGNETISM OF THE EARTH'S CRUST UPPER PART: NATURAL AND TECHNOGENIC COMPONENTS

The state of the problem of soils magnetic investigations at the present development stage is considered. The examples of polluted soils magnetic studies for solving environmental tasks are given. The Magnetotactic Bacteria role as a non-polluted soil magnetism sources is investigated.

УДК 550.552.53.553

І. Безродна, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ОЦІНКА СТРУКТУРИ ПУСТОТНОГО ПРОСТОРУ ТА ТИПІВ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ СВЕРДЛОВИНИ № 1 ЛІЩИНСЬКОЇ ПЛОЩІ ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.М. Карпенком)

Досліджено можливості визначення закономірностей зміни структури пустотного простору складнопобудованих порід-колекторів за даними ГДС свердловини № 1 Ліщинської площі Волино-Поділля. Визначено концентрації пустот розрахованих форматів, виділено пласти-колектори, оцінено типи колекторів та їх перспективність.

Вступ. Методики вивчення гірських порід при пошуках нафти і газу базуються на комплексній обробці даних геофізичних досліджень у свердловинах (ГДС) та результатах аналізу проведених петрофізичних досліджень.

Авторами пропонується методика визначення структури пустотного простору складнопобудованих порід-колекторів на основі використання даних геофізичних досліджень свердловин, а також результатів авторів з математичного моделюванню складнопобудованих колекторів та обробці даних ГДС та петрофізики.

Метою роботи є висвітлення алгоритму методики інтерпретації даних ГДС для вивчення структури пустотного простору та демонстрація його реалізації для

© Безродна І., 2013

інтервалів розрізу свердловини Ліщинська № 1 території українського Волино-Поділля.

Стан проблеми. Як доведено багатьма дослідниками [1-12], найбільш чутливими і інформативними методами, що дозволяють вивчати структуру пустотного простору, є сейсмоакустичні методи, які вивчають швидкості розповсюдження пружних хвиль при використанні різних частотних діапазонів і різної апаратури.

Відповідно до цього, акустичні методи каротажу є основою даної методики та використовуються при підготовці вибірок порід та чисельних розрахунках оцінки структури пустотного простору.

У більшості випадків при інтерпретації даних акустичного каротажу (АК) на повздовжніх хвилях відмічається значне затухання амплітуд і зростання інтервального часу пробігу повздовжніх хвиль на тріщинуватих ділянках. При цьому оцінка тріщинуватості виконується на якісному рівні і в комплексі з іншими методами. Відомий спосіб знаходження тріщин у гірських породах за допомогою ультразвукового зонда малого розміру, який реєструє амплітуду сигналу. В цьому випадку розташування окремої тріщини і її розкритість визначається за зміною амплітуди сигналу.

На сьогоднішній день розроблений спосіб низькочастотного каротажу на хвилях Стоунлі, в якому на основі вимірювання частоти і запізнення хвиль Стоунлі, з урахуванням діаметра свердловини і властивостей розчину, визначається величина розкритості тріщин. Зазначимо, що алгоритм обробки дозволяє оцінювати орієнтацію тріщин відносно осі свердловини. Як перший, так і другий спосіб не дозволяють визначити параметри пустот і їх процентний вміст у загальному об'ємі пустотного простору.

При інтерпретації даних акустичного широкосмугового каротажу (АКш) використовується повний хвильовий пакет, що дозволяє окремо визначати коефіцієнти тріщинуватості та кавернозності. Вони розраховуються за формулою [8]:

$$K_{п\ тр(кав)} = (\beta_{еф} - \beta_{м}) / \beta_{тр(кав)}, \qquad (1)$$

де $\beta_{еф}$ – ефективна стискаємість колектора складного типу, $\beta_{м}$ – коефіцієнт стискаємості матриці, $\beta_{тр(кав)}$ – коефіцієнт стискаємості тріщин (каверн).

Розрахунок ефективної стискаємості породи може бути виконаний через швидкості повздовжніх ефективних модулів, які містять окремі тріщини [8].

На основі досліджень ємнісних властивостей порід-колекторів за даними $АК_{ш}$ встановлено [4, 5, 10] закономірності поведінки динамічних параметрів акустичного сигналу в пористих насичених середовищах, досліджено їх зв'язки з ємнісними властивостями порід, закономірності зміни пружних хвиль у колекторах різної пористості.

До цього розділу можна віднести також і методики вивчення складнопобудованих колекторів за допомогою інтерпретації даних методу хвильового акустичного каротажу [12]. При обробці даних цього методу вже на якісному рівні виділяються зони макро- та мікротріщинуватості при відсутності кореляції між кривими інтервального часу повздовжньої хвилі і амплітудою хвилі Лемба-Стоунлі. За даними визначених значень інтервального часу розповсюдження повздовжніх та поперечних хвиль ($\Delta T_p^2, \Delta T_s^2$) та густини порід ($\sigma_п$) розраховуються об'ємна динамічна стискаємість $\beta_{о,д}$ та динамічний коефіцієнт Пуассона $\nu_д$, які визначаються за формулами:

$$\beta_{о,д} = \frac{1}{\sigma_n}\left[\frac{3\Delta T_p^2 \Delta T_s^2}{3\Delta T_s^2 - 4\Delta T_p^2}\right], \qquad (2)$$

$$\nu_д = \frac{1}{2}\left[\frac{\Delta T_s^2 - 2\Delta T_p^2}{\Delta T_s^2 - \Delta T_p^2}\right]. \qquad (3)$$

На основі розв'язання зворотної задачі визначаються такі параметри, як індекс насичення, коефіцієнти динамічної пористості $К_{п,\ дин.,}$ тріщинуватості і проникності, причому вхідними даними є також і швидкості хвиль Лемба-Стоунлі, об'ємні ізотермічні стискаємості пустот, твердої фази, нафти і води.

Недоліком цих методів є сильне затухання поперечних хвиль в тріщинуватих середовищах, що не дозволяє надійно визначати швидкості їх поширення і, відповідно, ефективне стискання породи. Отримані вирази для пружних модулів не дозволяють при розв'язанні оберненої задачі враховувати весь спектр пустот, що складають тріщинно-поровий простір. Така постановка питання потребує більшого обсягу петрофізичної інформації.

Одним з представницьких методів, за допомогою якого можна охарактеризувати склад гірської породи і будову пустотного простору, є комп'ютерна мікротомографія. Численні роботи (Dvorkin, 2008; Bakke, 1997; Biswal, 1999; Lebedev, 2009) з цифрового моделювання колекторів присвячені, в першу чергу, розробці чисельних методів, що дозволяють розрахунковим способом отримувати фільтраційно-ємнісні та пружні параметри гірських порід.

Таким чином, можна виділити дві групи методів дослідження структури пустотного простору: прямі та непрямі. До прямих методів відносять методи, які дозволяють у лабораторних умовах, наприклад, шляхом вивчення шліфів, отримати криві розподілу пустот та порових каналів за розмірами. До другої групи методів належать методи математичного аналізу даних ГДС і петрофізики та методи математичного моделювання.

Методика. На кафедрі геофізики геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка розроблена та удосконалюється методика кількісної оцінки ємнісних властивостей складнопобудованих порід-колекторів за даними ГДС та петрофізики, яка дає можливість визначити структуру пустотного простору порід-колекторів, оцінити перспективність і прогнозувати їх продуктивність [9].

Радіоактивні методи досліджень застосовуються для виділення пластів-колекторів та формування вибірок порід для визначення коефіцієнта пористості (в нашому випадку, за даними нейтронного гамма-каротажу – НГК) та густини (за даними гамма-гамма щільнісного каротажу – ГГК-щ).

Електричні методи досліджень застосовуються для виділення пластів-колекторів та формування вибірок порід, а також для визначення типу флюїду за відсутністю таких даних.

Алгоритм ***визначення структури пустотного простору*** включає в себе такі модулі:

- етап підготовки початкової інформації**:** модуль аналізу бази даних ГДС, інтерпретації матеріалів ГДС вибраних інтервалів розрізу та модуль вибору початкового наближення параметрів математичної моделі породи-колектора;
- модуль інверсії даних акустичних досліджень у криву розподілу пустот різних форматів;
- модуль оцінки типів колекторів та їх перспективності.

Етап підготовки початкової інформації. Після стандартної попередньої обробки даних ГДС формуються вибірки пластів-колекторів окремо кожного з літотипів. Для визначення структури пустотного простору використовуються такі дані:

• результати стандартної інтерпретації даних методів ГДС (АК, АК$_ш$, ГГК-щ; коефіцієнт пористості, що отриманий при інтерпретації даних методу НГК (ННКТ) або при комплексній обробці даних ГДС, якщо за даними НГК він визначений неякісно);

• коефіцієнт нафтогазонасиченості (за БК) для визначення параметрів насичення пустотного простору;

• петрофізичні дані за їх наявності;

• у випадку, якщо інтерпретація здійснюється без попередньої обробки, то використовується весь стандартний комплекс каротажу;

• інша геолого-геофізична апріорна інформація.

У разі відсутності даних петрофізики про структуру пустотного простору використовуються результати попереднього математичного моделювання порід даних літотипів (авторський банк даних початкового наближення).

За допомогою програми функціональних перетворень проводиться статистична обробка початкових даних.

Модуль початкового наближення параметрів математичної моделі породи-колектора. На основі апріорних геологічних та петрофізичних даних з бази ГДС виділяються вибірки порід з близькою структурою пустотного простору, вибирається початкове наближення математичної моделі: параметри матриці породи-колектора, параметри пустотних наповнювачів і структура пустотного простору.

Після стандартної обробки даних по свердловині будується таблиця необхідної інформації по попередньо виділеним пластам-колекторам. На цьому етапі, як умови обробки, вводяться літологічні коди, які відповідають колекторам.

Так формують вибірки перспективних пластів однакового літологічного типу.

На наступному етапі формуються вибірки однотипних пластів з точки зору структури пустотного простору, будуються крос-плоти типу:

$$\Delta T_p = f(K_{\text{П}}), \quad \Delta T_s = f(K_{\text{П}}), \quad \sigma = f(K_{\text{П}}). \qquad (4)$$

Початкове наближення параметрів матриці (модуль об'ємного стискання (*K*), модуль зсуву (*G*) та густина (σ) скелету породи-колектора) визначається за петрофізичними даними або за допомогою крос-плотів для окремих вибірок порід шляхом інтерполяції в область нульової пористості ($K_{\text{П}} = 0$) параметрів ΔT_p, ΔT_s та σ.

За відсутності програм функціональних перетворень або при існуванні проблем з їх використанням можливий інший шлях визначення початкового наближення параметрів матриці порід. Для визначення швидкості пружних хвиль та густини скелету можуть використовуватися результати петрофізичних досліджень, літературні дані або будь-які програми статистичного аналізу.

Пошук початкового наближення для параметрів пустотних наповнювачів (швидкість пружних хвиль та густина флюїду чи газу) визначається за узагальненими промисловими або літературними даними (табл. 1).

Таблиця 1

Пружні та густинні параметри пустотних наповнювачів

№	Тип \ пустотного наповнювача	Швидкість пружних хвиль, м/с	Густина флюїду чи газу, г/см^3
1	Вода	1470-1880	1 – 1,2
2	Нафта	1035-1370	0,8 – 0,95
3	Газ	500	0.02-0.0001

За необхідності уточнення параметрів початкового наближення моделі структури пустотного простору (формати пустот та їх концентрація) залучають:

• результати вивчення керну під електронним або поляризаційним мікроскопом,

• результати петрофізичних досліджень зразків керну та дані інверсії швидкостей повздовжніх (V_p) та поперечних (V_s) хвиль,

• авторський банк даних початкового наближення, що містить моделі структур пустотного простору, які отримані за результатами математичного моделювання порід-колекторів різного типу.

Враховуючи результати досліджень авторів, математично будову породи можна представити у вигляді жорсткої матриці, яка армована спектром пустот, що апроксимуються сфероїдами обертання з різними форматами $\alpha = \frac{a}{c}$, де *a* та *c* – коротка та довга напіввісі сфероїду.

Вибір початкового наближення структури пустотного простору *n*-тих пластів є пошуком глобальних екстремумів функції складного типу (x_v) за закріпленими параметрами α_n і проводиться методом перебору значень $C_n(\alpha_n)$ з кроком Δ_n, обчислених для кожного формату з умови:

$$x_{v+1}(C_n + \Delta_n, \alpha_n) - x_v(C_n, \alpha_n) = k\varepsilon, \qquad (5)$$

де ε – експериментальна точність визначення вхідних параметрів, коефіцієнт *k* залежить від необхідної точності отримання наближення.

Вибір початкового наближення структури пустотного простору здійснюється методом найменших квадратів при перетинові області пошукових параметрів по вектору при фіксованих значеннях форматів пустот α програмою, що забезпечує експресне знаходження точки з мінімальним значенням рівня відхилення значення (x_v) від попереднього.

Знайдене початкове наближення використовується при інверсії акустичних даних.

Модуль інверсії акустичних даних. Програми обробки дають можливість інвертувати акустичні дані різного інформаційного рівня:

1. за наявності тільки даних акустичного каротажу (АК) – інтервального часу проходження повздовжніх хвиль;

2. за наявності даних акустичного широкосмугового каротажу (АК$_ш$):

• інтервального часу проходження повздовжніх хвиль;

• інтервального часу проходження поперечних хвиль;

• відношення інтервального часу проходження повздовжніх хвиль до інтервального часу проходження поперечних хвиль.

Вказані варіанти програми значно розширюють можливості інтерпретації і дозволяють проводити обробку на різному рівні володіння первинним матеріалом і наявності петрофізичного і петрографічного забезпечення.

Обернена задача розв'язується шляхом побудови такої теоретичної моделі поширення пружних коливань в геологічному середовищі, що не суперечить спостереженим даним каротажних акустичних методів [9].

При розв'язанні оберненої задачі використовуються обмеження на значення концентрацій пустот різних форматів $C(\alpha_n)$: $\sum_{n=1}^{N} C(\alpha_n) \le K_{\text{П}}$, де $K_{\text{П}}$ – коефіцієнт пористості, визначений незалежним способом. Крім того, накладається умова, що концентрація пустот із певним форматом не може бути більше значення, яке забезпечує збіг експериментальних величин інтервального часу проходження пружних хвиль з теоретично розрахованими за наявності пустот лише одного формату. Зрозуміло, що концентрації пустот мають бути не від'ємні.

Інверсія даних здійснюється відомим методом найменших квадратів із використанням методів нелінійної оптимізації. Оцінюється квадратична функція відхилень значень спостережених швидкостей пластів порід від значень теоретичної моделі.

На основі введених даних розраховуються ефективні пружні постійні за допомогою метода умовних моментів. Особливістю метода умовних моментів, на відміну від інших, є відсутність обмежень на форму та концентрацію включень. Це дозволяє практично легко описувати форму пустот за допомогою геометричних параметрів сфероїда.

При виборі методів оптимізації доводиться враховувати два основні аспекти: отримання математично стійкого і геологічно достовірного розв'язку та швидкість сходження ітераційного процесу.

Пошук глобального екстремуму квадратичної функції [9] розділяється на два етапи: дослідження поведінки цільової функції на обмеженому просторі зміни невідомих параметрів і визначення глобального локального мінімуму та пошук в його околиці.

За даними інверсії знаходять значення форматів пустот та їх концентрацій для кожного окремого пласта, що і характеризує структуру пустотного простору досліджених порід.

Модуль оцінки типів колекторів та їх перспективності. На основі літературних даних та досліджень, які проведені безпосередньо авторами, встановлено, що всі пустоти в гірських породах можна описати сфероїдами зі значеннями α від 10^{-4} до 10^{3}. При цьому ізометричним і сфероїдальним порам відповідають пустоти з форматом 10^{0}–10^{-1}, перехідним пустотам і мікротріщинам – 10^{-1}–10^{-2}, мікротріщинам – 10^{-2} – 10^{-4}, кавернам – 10^{0}–10^{3}. За даними дослідження шліфів та знімків пустотного простору під електронним та поляризаційним мікроскопами встановлено, що генетично ізометричні пустоти, в основному, пов'язані з міжзерновою пористістю; перехідні – з тріщинами між окремими кристалами і тріщинами в цементі; мікротріщинам відповідають міжкристалічні тріщини, внутрикристалічні тріщини; пустоти у вигляді голок (α>1) відповідають стилолітам та кавернам вилуговування [9].

Одержані в результаті інверсії набори форматів пустот різних типів α відповідають окремим типам порід-колекторів. На основі визначення концентрації пустот С(α) розраховуються коефіцієнти міжзернової ($K_{мз}$), перехідної ($K_{пр}$), тріщинної ($K_{тр}$), кавернозної ($K_{кв}$) та вторинної ($K_{вт}= K_{пр}+K_{тр}+K_{кв}$) пористості.

На наступному етапі проводиться узагальнення результатів інверсії та на основі аналізу кожного окремого інтервалу виділяються зони інтенсивної тріщинуватості, кавернозності, ущільнення колекторів тощо. На основі розгляду всієї наявної інформації дається висновок про кожен інтервал глибини, що підлягав оцінці, та вирізняються інтервали глибини перспективних колекторів.

Кінцеві результати визначення структури пустотного простору можуть бути представлені в таблицях довільної форми або у вигляді планшетів даних, графіків, гістограм по окремих пластах чи вибірках пластів-колекторів, або за допомогою інших програм математичного аналізу.

Результати досліджень. Авторами проведено інтерпретацію виділених за попередніми результатами обробки даних ГДС перспективних інтервалів свердловини Ліщинська, 1 (породи девону: пісковики в інтервалі 2346 – 2352 м та вапняки в інтервалі 2444 – 2516 м).

За допомогою системи "Геопошук" проведено переінтерпретацію даних ГДС та їх первинну обробку, виділено інтервали глибини залягання пластів-колекторів, визначено їх пористість за даними НГК. За даними ГДС та петрофізики [6] для пісковиків та вапняків авторами визначено параметри скелету порід: густину та інтервальний час поширення повздовжніх хвиль (табл. 2).

Таблиця 2

Результати визначення густини ($\sigma^{ск}$) та інтервального часу ($\Delta T^{ск}_{р}$) поширення повздовжніх хвиль скелету порід об'єкту досліджень

Літологія	Номер вибірки пропластків	Густина скелету, г/см^3	Коефіцієнт достовірності апроксимації (R^2)	$\Delta T^{ск}_{р}$, мкс/м	Коефіцієнт достовірності апроксимації (R^2)
Пісковики в інтервалі 2346 – 2352 м	1	2,672	0,71	206	0,71
	2			197	0,51
Вапняки в інтервалі 2444 – 2516 м	3	2,762	0,74	218	0,65
	4			199	0,72

На другому етапі:

- оцінено формати пустот та визначено їх концентрацію в досліджених пропластках;
- кількісно оцінено вклад різних типів пористості (гранулярної, тріщинної, кавернозної та вторинної) у загальну;
- визначено типи колекторів кожного з досліджених пластів.

Результати визначення форматів пустот, їх концентрацій та типу колектора наведені у табл. 3, а результати визначення типу пористості – на рис. 1.

Встановлено, що породи-колектори досліджених інтервалів мають загальну пористість (за даними ГДС) від 6,43 % до 17,48 %, що в середньому складає 12,16 %. У пластах присутня переважно гранулярна пористість з форматом пустот ***a*** = 0,9, значення якої змінюються від 1,44 % в інтервалі 2508,10-2508,51 м до 8,32 % в інтервалі 2514,51–2514,91 м. Тріщинна пористість присутня в пустотах у форматах ***a*** = 0,001 ÷ 0,003 та коливається від 0,21-0,29 % в інтервалі 2346,7–2351,9 м до 2,41 % в інтервалі 2508,10–2508,51 м. Кавернозна пористість (формат пустот ***a*** = 4) присутня тільки в п'яти пропластках з 12 виділених, значення її – 2,09–5,7 %.

За результатами кількісного визначення структури пустотного простору, практично всі попередньо виділені породи-колектори досліджених інтервалів авторами характеризуються як колектори, з яких малоперспективні пласти в інтервалах: 2346,7 – 2350,7 м та 2351,1 – 2351,9 м.

На основі визначеної структури пустотного простору порід-колекторів виділено їх типи: тріщинно-гранулярний, гранулярно-тріщинний, гранулярно-кавернозно-тріщинний. Породи-колектори першого типу можна вважати малоперспективними, а інтервал 2506,51–2516,11 м – перспективним для видобутку газу.

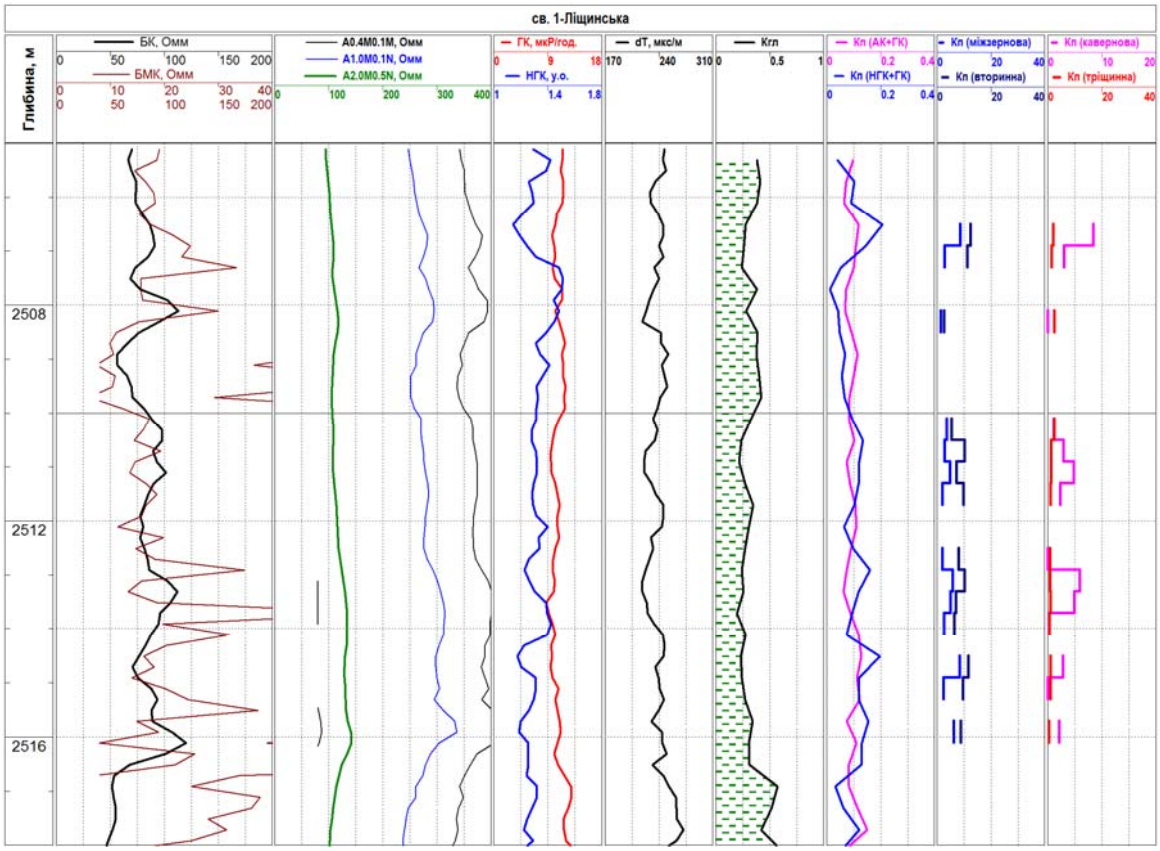

Рис. 1. Результати переінтерпретації даних ГДС та визначення коефіцієнтів різних типів пористості порід-колекторів свердловини Ліщинська, 1 (інтервал 2506-2516 м)

Таблиця 3

Результати дослідження структури пустотного простору виділених порід-колекторів свердловини Ліщинська, 1

Глибина, м	C(*a*), %				Тип колектора
	***a* = 0,9**	***a* =0,05**	***a* = 0,001÷0,003**	***a* = 4**	
2346,30-2346,70	4,90	6,45	0,36	0,00	гранулярно-тріщинний
2346,70-2347,50	2,11	6,17	0,27	0,00	тріщинно-гранулярний
2349,90-2350,30	2,91	3,91	0,29	0,00	тріщинно-гранулярний
2351,10-2351,90	3,63	5,73	0,21	0,00	тріщинно-гранулярний
2506,51-2507,31	5,66	1,84	1,75	5,70	гранулярно-кавернозно-тріщинний
2508,10-2508,51	1,44	2,58	2,41	0,00	гранулярно-кавернозно-тріщинний
2510,10-2511,71	3,33	8,16	1,50	2,77	гранулярно-кавернозно-тріщинний
2512,51-2512,91	1,91	8,09	0,81	0,00	гранулярно-тріщинний
2512,91-2514,10	4,47	7,86	0,84	3,66	гранулярно-кавернозно-тріщинний
2514,51-2514,91	8,32	1,52	1,06	2,79	гранулярно-кавернозно-тріщинний
2514,91-2515,31	2,48	9,52	1,06	0,00	гранулярно-тріщинний
2515,71-2516,11	6,22	8,78	0,39	2,09	гранулярно-тріщинно-кавернозний

Висновки. Таким чином, показано, що наведена вище методика дозволяє отримувати цінну інформацію про структуру пустотного простору складнопобудованих порід-колекторів на основі використання матеріалів та обробки даних ГДС. Застосування її надає можливість одержати більш повну характеристику ємнісних властивостей порід-колекторів, ніж при стандартній обробці матеріалів ГДС. У роботі виділено породи-колектори в інтервалах глибин свердловини Ліщинська, 1 (породи девону: пісковики в інтервалі 2346-2352 м та вапняки в інтервалі 2444-2516 м досліджень), оцінено їх типи та виділено перспективний (2506,51-2516,11 м) на газоносність інтервал.

Список використаних джерел

1. *Klimentos T.* Relationship among compressional wave attenuation, porosity, clay content and permeability in sandstones / T. Klimentos, C. McCann // Geophysics. – 1990. – Vol. 55, № 8. – P. 998-1014.

2. *Sellier E.* Estimation of the effective porosity of the Dogger oolitic limestone in the Villeperdue oil-field / Sellier E., Bousquet Ph., Boichard R., Brun R. – Paris basin, France, 1991. – C. 241-248.

3. *Tournat V.* Probing granular media by acoustic parametric emitting antenna: clapping contacts, nonlinear dilatancy and polarization anisotropy / V. Tournat, V. Zaitsev, V. Gusev, V. Nazarov, P. Bequin, B. Castagnede // Phys. Rev. Lett. – 2004. – Vol. 92, № 8.

4. *Белоножко А. И.* Определение емкости пустот по данным разработки месторождений Беларуси // Проблемы нафтогазової промисловості // А. И. Белоножко, И. Н. Пасконный, А. А. Бохан // Зб. наук. праць. – К., 2005. – Вип.2.- С. 89-96.

5. А. с. 1350643. Способ определения трещинной пористости пород / А. Ф. Боярчук, Г. А. Шнурман, А. Л. Брайловский, И. С. Гольдерберг // № 41. – 1987.

6. Комплексні геолого-петрофізичні дослідження складнопобудованих порід-колекторів східного схилу Львівського палеозойського прогину : звіт з НДР / КНУ; № У-11-213/13. – К., 2011. – 594 с.

7. *Дзебань И. П.* Влияние различных сочетаний межзерновой и вторичной пористости на скорости упругих волн / И. П. Дзебань // Развед. геофиз. – 1986. – № 103. – С. 127-135.

8. *Добрынин М. М.* Изучение сложных карбонатных коллекторов / М.М. Добрынин // Геология нефти и газа. – 1991. – № 5. – С. 30-34.

9. Геофізичні методи оцінки продуктивності колекторів нафти і газу / Г.Т. Продайвода, С.А. Вижва, І.М. Безродна, Т.Г. Продайвода : монографія. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2011. – 367 с.

10. *Рафиков В. Г.* Изучение трещинных коллекторов нефтегазовых месторождений Башкирии и Татарии по данным волнового акустического каротажа / В. Г. Рафиков, В. Н. Еникеев, О. Е. Рыскаль // Каротажник. – 2004. – № 68. – С. 77-83.

11. *Черемисин А. Н.* Воздействие акустического поля на фильтрацию двухфазной жидкости в пористом колекторе / А. Н. Черемисин : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – 2010. – 17 с.
12. *Шнурман И.Г*. Методика определения составляющих пористости сложных трещинно-кавернозно-гранулярных коллекторов продуктивных отложений месторождения "Тенгиз" по данным волнового акустического каротажа / И. Г. Шнурман, Г. А. Шнурман // Геофизика. – 1994. – № 3. – С. 20-25.

Надійшла до редколегії 17.02.13

И. Безродная, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА И ТИПОВ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ СКВАЖИНЫ № 1 ЛИЩИНСКОЙ ПЛОЩАДИ ВОЛЫНО-ПОДОЛЬЯ

Исследованы возможности закономерностей изменения структуры пустотного пространства сложнопостроенных пород-коллекторов по данным ГИС скважины № 1 Лищинской площади Волино-Подолия. Определены концентрации пустот рассчитанных форматов, выделены пласты-коллекторы, оценены типы коллекторов и их перспективность.

I. Bezrodna, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

EVALUATION OF STRUCTURE OF EMPTY SPACE AND TYPES OF ROCK-RESERVOIRS BOREHOLE № 1 LISHCHYNSKA AREA VOLYNO-PODILLYA

The possibilities of the determination regularities of the changes of empty space of composite reservoirs of the intervals boreholes Lishchynska № 1 Volyno-Podillya area on the data of geophysical investigation were studied. Concentration of formats emptiness rocks-collectors, types of collectors and their prospects were evaluated.

УДК 550.334

Д. Малицький, д-р фіз.-мат. наук, О. Грицай, інж.,
О. Муйла, канд. фіз.-мат. наук
Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Львів

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МЕХАНІЗМІВ МІСЦЕВИХ ОСЕРЕДКІВ ЗЕМЛЕТРУСІВ НА ПРИКЛАДІ БЕРЕГІВСЬКОЇ ПОДІЇ 23.11.2006 р.

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

Досліджено особливості побудови механізмів осередків у Карпатському регіоні України. Розглянуто принцип і особливості побудови механізму вогнища графічним методом. За допомогою запропонованого методу побудовано механізм вогнища для землетрусу, що відбувся 23.11.2006 р біля м. Берегово. Зроблено порівняння механізмів, побудованих графічним методом і з допомогою комплексу програм.

Вступ. Побудова і дослідження механізмів вогнищ землетрусів є важливою і актуальною задачею сейсмології і геофізики в цілому [4]. Відомо, що поле пружних напружень Землі, яке проявляється в деформуванні і наступному руйнуванні середовища у вогнищах землетрусів, визначає географічний розподіл джерел сейсмічних хвиль [1]. Тому, визначення зв'язків між механізмами вогнищ землетрусів і напружено-деформованим станом гірських масивів у заданому сейсмічно-активному регіоні є важливою задачею, яка потребує свого вирішення для Карпатського регіону. Зазначимо, що проблеми побудови таких механізмів у Закарпатській сейсмогенній зоні пов'язані перш за все із недостатньою кількістю сейсмічних станцій, які реєструють події, а також із невисокою сейсмічною активністю даного регіону. Такі події відрізняються невеликою магнітудою і порівняно малою глибиною залягання вогнища землетрусу. Характерною особливістю для землетрусів Закарпаття є те, що вони реєструються невеликою кількістю станцій. Відомо,що для побудови їх механізмів важливе значення мають як швидкісна модель середовища, так і точність визначення вступу повздовжніх хвиль, а також кількість та широкий азимутальний спектр станцій. На сьогоднішній день розроблено достатньо багато програмних пакетів для побудови механізму вогнища землетрусу, які використовують азимути станції і кути виходу прямих P- і S- сейсмічних хвиль. Зазначимо, що для даних програм основним є точні вступи, наприклад, повздовжніх хвиль на кожній станції. Відомо, що в сейсмологічних бюлетенях є інформація про станції, для яких вступи прямих хвиль P є неточні. Це може бути пов'язано з рядом причин, головними із яких є апаратурні неточності, шуми, які викликані техногенними факторами. Але причиною неточних вступів прямої P- хвилі може бути також певне розміщення станції по відношенню до гіпоцентру землетрусу, тобто близькість станції до однієї із нодальних площин на стереографічній сітці Шмідта, що буде показано нижче. Таким чином, для малої кількості станцій, які зафіксували точні вступи повздовжніх хвиль, не можливо побудувати механізм з допомогою комплексу програм. Тому в роботі запропоновано побудову механізмів вогнищ землетрусів за допомогою графічного методу, в якому використано дані як про точні, так і про неточні вступи повздовжніх хвиль. Щоб показати, на скільки ефективною і точною буде така побудова, використаємо дані з сейсмологічного бюлетеня України. 23 листопада 2006 року в районі м. Берегово відбувся достатньо сильний землетрус на території України з магнітудою MSM=3.9, MD=4.2 [5]. Згідно сейсмологічного бюлетеня за 2006 рік [5] точні вступи повздовжніх хвиль зафіксовано 9 станціями. Таким чином, для порівняльного аналізу буде побудовано механізм вогнища землетрусу, який відбувся 23 листопада 2006 року в районі м. Берегово за допомогою комплексу програм та графічним методом. Це дасть можливість використовувати графічний метод для побудови механізмів, коли стандартний пакет програм не можливо застосувати із-за недостатньої кількості станцій, на яких зареєстровано подію із точними вступами поздовжніх хвиль. Такі випадки є характерними для сейсмічних подій Карпатського регіону.

1. Принцип побудови механізму вогнища землетрусу графічним методом.

Перш ніж перейти до побудови механізму Берегівського землетрусу, який відбувся 23 листопада 2006 р., потрібно пояснити, що таке механізм вогнища землетрусу, і як він будується для будь-якого землетрусу. Під параметрами механізму вогнища землетрусу будемо розу-

© Малицький Д., Грицай О., Муйла О., 2013