

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 550.8

до 100-річчя НАН України

М.Л. МИРОНЦОВ

ВЕКТОР СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕКТРОМЕТРІЇ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

***Анотація.** Наведено основні теоретичні і практичні результати математичного моделювання, розробки нових та вдосконалення існуючих методів електрометрії нафтогазових свердловин. Матеріал подано у вигляді анотаційного узагальнення основних друкованих автором праць.*

***Ключові слова:** каротаж, електрометрія свердловин, геофізичне дослідження свердловин, вуглеводні.*

Вступ

Сто років тому, 27 листопада 1918 р., Загальними Зборами Української АН було обрано свого першого Президента – видатного вченого В.І. Вернадського [1]. Відповідно до цього саме у листопаді 2018 року НАН України святкує своє сторіччя. Цю дату вже було відмічено трьома оглядовими статтями, що присвячені висвітленню результатів, що увійшли до дисертаційних досліджень, які були успішно захищені безпосередньо співробітниками Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (ІТГІП НАНУ) або були захищені під їх науковим керівництвом з моменту створення Спеціалізованої Вченої Ради Д 26.255.01 (при ІТГІП НАНУ) [2–4].

Майже сто років виповнюється цими роками і геофізичному дослідженню свердловин (ГДС). В чому практична цінність ГДС і особливо каротажу¹? Достатньо сказати, що до тих пір, доки свердловини є єдиним засобом видобутку вуглеводнів, каротаж буде єдиним методом встановлення кількості, місця залягання та можливої добової швидкості (добового дебіту) їх видобутку.

Говорячи зрозумілою мовою: якщо не буде каротажу – людство залишиться без вуглеводнів, що за теперішніх умов рівнозначно поверненню рівня розвитку цивілізації на сторіччя назад.

¹ каротаж – (фр. *carottage*, від *carotte* – морква, з якою на початку 1920-х рр. іронічно порівнювали каротажні зонди) – усталена узагальнююча (окрім відбору керна) назва методів ГДС.

А серед усіх методів каротажу саме електрометрія свердловин відіграє вирішальну роль, тому що, серед іншого, саме вона дає відповідь на два питання [5, 6]:

- скільки вуглеводнів є у розрізі?
- де саме вони в ньому розташовані?

Мета цієї статті – згадати найбільш важливі події в історії розвитку електрометрії і ретроспективно зупинитись на окремих результатах автора в галузі електрометрії нафтогазових свердловин.

1. Ретроспектива електрометрії свердловин

Перша електрометрія як метод геофізичної розвідки була виконана у 1912 р. братами Шлюмберже. Цей перший експеримент являв собою два електроди, увіткнуті в поверхню Землі, з послідуочим дослідженням еквіпотенційних поверхонь.

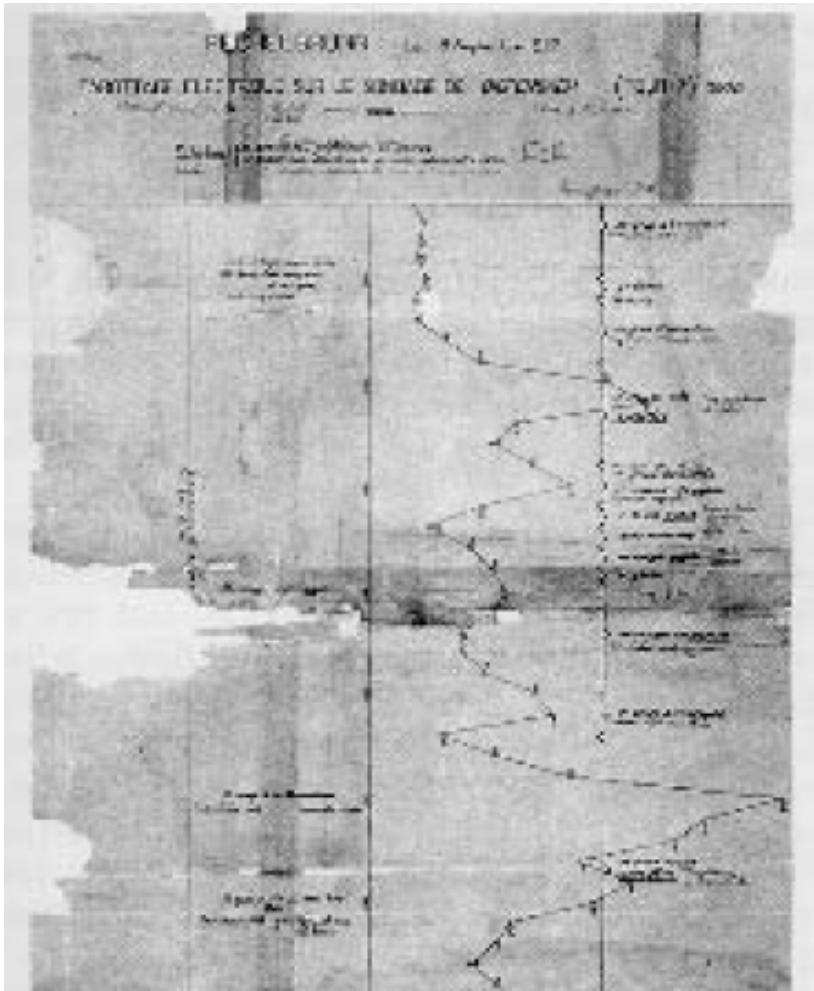


Рисунок 1 – Діаграма першого у світі каротажу (методом опорів)

Минули роки напруженої праці науково-технічної думки братів, аж доки у 1920 р. вони відкрили першу комерційну каротажну компанію і нарешті 5 вересня 1927 року поряд з м. Пешельбронн (тепер муніципалітет Мерквіллер-Пешельбронн) виконали перший у світі електричний каротаж (ЕК) у теперішньому розумінні цього слова (рис. 1).

Нафтова промисловість швидко оцінила новацію братів Шлюмберже для пошуку вуглеводнів.

Вже з 1929 р. почалось широке комерційне застосування ЕК у США, Венесуелі, Росії.

У 1931 р. (майже випадково) був відкритий другий метод ГДС: метод самочинної (природної) поляризації (ПС).

Одночасне застосування методу опорів та ПС стало свого роду революцією. Воно дозволило по ПС виділяти пористі породи-колектори (ПС у той час так і називався – «каротаж пористості»), а за методом опорів – розділяти їх на водоносні та продуктивні.

У 1930-ті рр. компанія Schlumberger почала застосування свого першого каверноміра (з чотирма лапами). У 1940-ві рр. на кожній з лап з'являється мікрозонд ЕК, що дозволяє встановлювати кут залягання та просторову орієнтацію пластів.

Через 20 років після першого виконаного каротажу компанія Schlumberger створює перший багатозондовий каротажний апаратурний комплекс (у сучасному розумінні), що складався з ПС, двох потенціал-зондів (normal sonde) та одного градієнт-зонду (lateral sonde).

Чому виникла потреба використовувати одночасно декілька зондів ЕК, які вимірюють одну і ту саму величину питомого опору (ПО) навколосвердловинного простору? Тому що у цей час остаточно стало зрозуміло, що головний об'єкт електрометричного дослідження є пласт-колектор (рис. 2), головною фізичною властивістю якого, з точки зору електрометрії, є зміна повздовжньої провідності (нормально до вісі свердловини). Якщо ПО ближньої до свердловини зони відрізняється від ПО віддаленої зони, то такий пласт називають пластом з проникненням, і для дослідження його провідності необхідно мати декілька зондів різної глибини дослідження.

Проте встановлення параметрів навіть такої простої моделі вимагає розв'язання оберненої задачі, що вже у першій половині минулого сторіччя поставило на порядок денний необхідність вміти розв'язувати прямі задачі. За відсутності обчислювальних ресурсів це вимагало створення способу отримання аналітичних розв'язків хоча б для самих простих моделей розрізів.

На цьому шляху одразу було отримано багато наукових результатів.

Вже у 1933 г. була опублікована монографія академіка В.А. Фока [7], яка була присвячена, в тому числі, розв'язанню прямої задачі каротажу опорів для випадку пласта нескінченної потужності (товщини). З цього моменту починається новий етап в історії промислової геофізики, який можна назвати етапом напіваналітичних розв'язків.

Що собою являли такі розв'язки? Це, по суті, були аналітичні вирази, що дозволяли зв'язати вимірюваний уявний опір (УО) з параметрами моделі пласта.

Але такий підхід вимагав спрощення моделі. Наприклад, у роботі Л.М. Альпіна [8] градієнт-зонди та потенціал-зонди ЕК описані тільки одним

параметром – довжиною L , в той час як у загальному виді, навіть у наближенні точкових електродів, вони повинні описуватись лінійними відстанями AM, MN, NB .

В дійсності така ідеалізація може призводити до суттєвих викривлень результатів навіть при обчисленні геометричного фактора кожного зонду [9]. Проте на той час, за відсутності можливості розв'язати пряму задачу більш точно, ці напіваналітичні методи були революційними та дозволили перейти від етапу виміру УО до нехай і наближеного, але визначення геоелектричних параметрів розрізу.

Більше того, такий підхід мав продовження. Так, результати, отримані акад. СРСР В.А. Фоком, були узагальнені А.І. Забаровським для трьохшарової моделі середовища (свердловина – зона проникнення – неушкоджена буровим розчином частина пласту) [10].

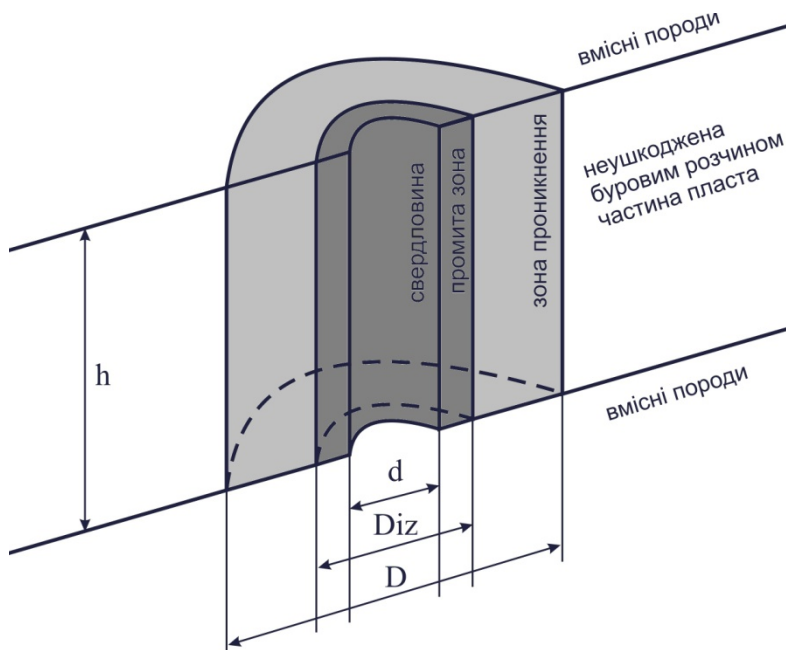


Рисунок 2 – Модель пласта-колектора

Згодом були опубліковані роботи В.Р. Бурсіана, Л.М. Альпіна і С.М. Шейнмана, в яких розглядались аналітичні розв'язки задач ПС [11, 12].

Застосування методу зображень дозволило В.Р. Бурсіану отримати прості розв'язки для плоскопаралельних окремо однорідних пластів без впливу свердловини, а також для одного пласту скінченної потужності та наближений розв'язок з урахуванням свердловини, якщо ПО вмісних порід дорівнює ПО свердловини.

Ці розрахунки було покладено в основу методики інтерпретації каротажного зондування С.Г. Комарова [13].

Запропонований Л.М. Альпіним [14] метод сіткового моделювання та розроблений на його основі А.Є. Кулінковичем [15–17] електроінтегратор дозволили експериментально отримати ряд палеток, які також були використані в методиці інтерпретації С.Г. Комарова [18].

Зокрема, Л.М. Альпін розглянув прямокутну ґратку з неоднорідним кроком, яка відповідає 2D задачі ЕК. А.Є. Кулінкович застосував отримані Л.М. Альпіним значення опору ґратки до значень комірок електроінтегратора та ретельно розглянув питання присвоєння значень опорів електроінтегратора, спосіб реалізації стабілізатора та вимірювача струму.

Слід також відмітити, що у напрямку лабораторного моделювання (з невеличкою затримкою) проводились роботи і «на Заході». Так, у 1950 р. [19] компанія Schlumberger створила свій електроінтегратор, що дозволив більш реалістично проводити 2D моделювання для моделі свердловина + тонкі пласти з зоною проникнення.

Наприкінці 1970-х років обчислювальна техніка розвинулась настільки, що розрахунок прямої задачі займав вже не тижні, а години. На початку 1980-х рр. практичне використання електроінтеграторів було майже припинене (проте частка експериментального моделювання все ще зберігається, оскільки значну частину досліджень, наприклад, оцінку впливу контактного потенціалу на боковий каротаж, шляхом моделювання з необхідною точністю виконати не вдалось).

З тих самих пір розв'язання прямої 2D задачі методом скінченних різниць втратило новизну та вважається тривіальним. Воно стало масово застосовуватись при моделюванні приладів (виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт) та для розрахунку палеток.

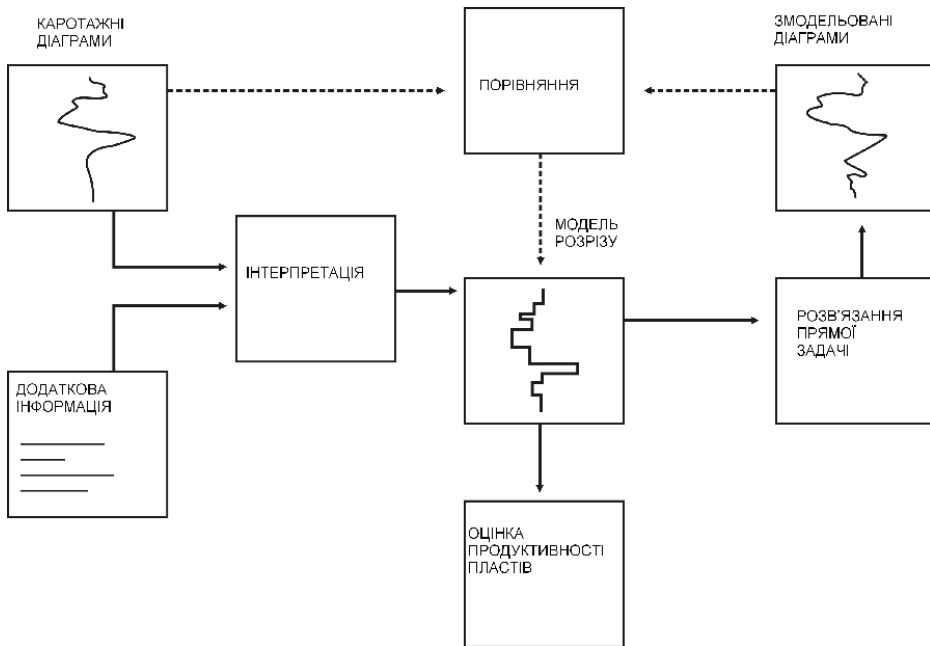


Рисунок 3 – Схема розв'язання оберненої задачі електрометрії

Також використання розв'язання прямої задачі у тому чи іншому вигляді застосовується у будь-якому сучасному ітераційному процесі розв'язання оберненої задачі.

Таке розв'язання оберненої задачі електрометрії виглядає (див. рис. 3) наступним чином: на основі каротажних діаграм будується модель розрізу (можливо використовуючи іншу допоміжну додаткову інформацію, наприклад дані кавернограми); для побудованої моделі розраховуються каротажні діаграми (за допомогою розв'язання прямої задачі); розраховані діаграми порівнюються з реальними і за виявленими розбіжностями коригується модель розрізу. Процес повторюється до тих пір, доки розбіжності не задовольняють встановленого критерію подібності.

В якості критерію подібності прийнято вважати досягнення мінімального значення функціоналу:

$$F(\rho_1^T, \rho_2^T, \dots, \rho_n^T) = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\rho_i^T - \rho_i^E}{\delta_i \rho_i^T + \chi_i} \right)^2}, \quad (1)$$

де n – кількість зондів в апаратурному комплексі; ρ_i^T – розраховані значення УО i -го зонду для поточних значень геоелектричних параметрів моделі; ρ_i^E – фактичне значення УО i -го зонду; δ_i, χ_i – відносна та абсолютна похибка i -го зонду відповідно.

Такий процес розв'язання оберненої задачі, реалізований для конкретної апаратури, окрім самостійного використання, є ще і невід'ємною частиною апаратурно-методичного комплексу, склад якого в загальному вигляді був описаний ще Л.М. Альпінім та С.Г. Комаровим і який включає в себе:

- 1) розробку теорії методу;
- 2) вибір параметрів зондуючого пристрою;
- 3) необхідне метрологічне забезпечення (наприклад, оцінка точності виміру, яка необхідна для можливості визначення геоелектричних параметрів розрізу);
- 4) розробку і реалізацію бази інтерпретації (описаний вище ітераційний спосіб розв'язання оберненої задачі);
- 5) петрофізичне забезпечення, що дозволяє від геоелектричних параметрів перейти до таких понять, як пористість, нафто- та газонасиченість, добовий дебіт пласта.

Необхідно зазначити, що на шляху розв'язання за вказаним способом оберненої задачі ЕК [20–23] та індукційного каротажу (ІК) [24–29] було досягнуто значних результатів.

Для задач ЕК при цьому використовувалась апаратурна можливість факторизації задачі ще на стадії виміру [30], а для задачі ІК – факторизація оберненої математичної двовимірної задачі [31–35]. Також було розроблено нові апаратурні рішення, як для ЕК [36–43], так і для ІК [44–46], або комплекси, що включають одночасно як апаратуру ЕК, так і апаратуру ІК [47–48].

Але при отриманні цих результатів стало очевидним, що метод, заснований на мінімізації (1), вимагає створення способу однозначного співставлення вектору в просторі даних виміру вектору в просторі геоелектричних параметрів моделі, який дещо зміниться, якщо враховувати похибку виміру [49–52]. Отже, важливим стало не тільки створення способу

однозначного співставлення вектору в просторі даних виміру вектору в просторі геоелектричних параметрів моделі, а методу співставлення деякої області у просторі даних виміру деякій області в просторі геоелектричних параметрів моделі, що також було успішно вирішено [53–57].

Проте не можна не зауважити, що таке співставлення є однозначним з математичної точки зору, але неоднозначним з геофізичної. Отже, виникає проблема еквівалентності, яку для розуміння можна сформулювати так: будь-якій області у просторі даних виміру відповідає деяка область у просторі геоелектричних параметрів моделі, яка може відповідати якісно різним моделям досліджуваного пласту. Тобто одній і тій самій області в просторі виміру можуть відповідати як моделі пласта без проникнення, так і пласта-колектора.

Саме в напрямку подолання проблеми еквівалентності, серед іншого, продовжується робота в ІТГП НАНУ в галузі електрометрії нафтогазових свердловин.

Крім того, слід розуміти, що в деяких важливих, з практичної точки зору, випадках потрібно розв'язувати принципово 3D задачу [58].

Окрім наведеного, було вирішено ряд задач ефективного використання електрометрії у складнобудованих геологічних розрізах, бо саме такі розрізи (тонкошаруваті, анізотропні колектори [43]; колектори аномально низького опору [41]; колектори залишкового нафтонасичення, «хибні» колектори [42] тощо) притаманні умовам Дніпровсько-Донецької западини [59].

Висновки

Головним результатом при вирішенні окреслених вище задач слід вважати практичне впровадження та реальну реалізацію деяких нових апаратурних рішень, що вже стали об'єктами права інтелектуальної власності [60–82].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Історія Академії наук України 1918-1923: документи і матеріали / відп. ред. П.С. Сохань. Київ: Наук. думка, 1993. – 375 с.
2. Трофимчук О.М., Миронцов М.Л. Сучасні дисертаційні дослідження Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: математичне моделювання і обчислювальні методи. – 2018. – №1. – С. 7–30.
3. Трофимчук О.М., Миронцов М.Л. Сучасні дисертаційні дослідження Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: інформаційні технології // Математичне моделювання в економіці. – 2018. – №2. – С. 5–25.
4. Трофимчук О.М., Миронцов М.Л. Сучасні дисертаційні дослідження Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору: екологічна безпека // Математичне моделювання в економіці. – 2018. – №3. – С. 7–25 (у друці).
5. Anderson В.І. Modeling and inversion methods for the interpretation of resistivity logging tool response. Delft: Delft University Press, 2001. 377 с.
6. Миронцов Н.Л. Численное моделирование электрометрии скважин. Київ: Наукова думка, 2012. 224 с.
7. Фок В.А. Теория каротажа. М. – Л.: ГТТИ, 1933.
8. Альпин Л.М. К теории электрического каротажа буровых скважин. ОНТИ, 1938. 136 с.

9. Миронцов М.Л. До розрахунку коефіцієнтів зондів електричного каротажу // Допов. Нац. акад. наук Укр., – 2003. – №11. – С. 120–122.
10. Заборовский А.И. Электроразведка. М.: Гостоптехиздат, 1943.
11. Бурсиан В.Р. К вопросу о распределении потенциала вдоль оси скважины при наличии диффузионных (контактных) э.д.с. Бюллетень нефтяной геофизики, вып. III, 1936.
12. Альпин Л.М., Шейнманн С.М. Некоторые расчеты по спонтанной поляризации. Бюл. нефтяной геофизики, вып. 3, 1936.
13. Комаров С.Г. Каротаж по методу сопротивлений, интерпретация. – М.: Гостоптехиздат, 1950. – 168 с.
14. Альпин Л.М. Применение сеточного моделирования для решения задач теории электрического каротажа // Прикладная геофизика. – 1962. – вып. 34. – С. 198–217.
15. Куликович А.Е. Закономерности кривых каротажа сопротивлений // Прикладная геофизика. – 1959. – вып. 24.
16. Куликович А.Е. Каротажный электроинтегратор ЭКСМ. Прикладная геофизика, вып. 34. М.: Гостоптехиздат, 1962а.
17. Куликович А.Е. Палетки бокового каротажного зондирования и методика их применения. М.: Гостоптехиздат, 1958, 44 с.
18. Комаров С.Г. Геофизические методы исследования скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 368 с.
19. Guyod H. Electric analogue of resistivity logging. Geophysics, 20(3):615–629, 1955.
20. Миронцов Н.Л. Решение прямых и обратных задач электрического и индукционного каротажа методом интегральных (полных) токов / Зб. наук. праць. «Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики» – Київ. – 2009. – С. 340–352.
21. Миронцов М.Л. Метод швидкого розв'язання прямої та оберненої задачі індукційного каротажу // Геофизический журнал. – 2007. – №5. Т.29. – С. 212–214.
22. Миронцов М.Л. Метод розв'язання прямої та оберненої задачі індукційного каротажу // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2004. – №9. – С. 130–133.
23. Миронцов Н.Л. Метод построения геоэлектрической модели пласта-коллектора по данным электрометрии скважин // Допов. Нац. акад. наук Укр. – №3 – 2013. – С. 102–105.
24. Миронцов Н.Л. Пример эффективного решения обратной задачи многозондового индукционного каротажа // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2011. – № 5 – С. 119–122.
25. Миронцов Н.Л. Особенности применения четырехзондового индукционного каротажа в тонкослоистых разрезах Днепровско-Донецкой впадины // Геоінформатика. – 2017. – №4 (64). – С. 5–10.
26. Миронцов Н.Л. Критерий достоверности решения обратной задачи электрометрии скважин // Допов. Нац. акад. наук Укр. 2018. – №5. – С. 16–21. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.04.016>
27. Миронцов Н.Л. Особенности численного решения обратной задачи индукционного каротажа в контрастном скважинном разрезе // Допов. Нац. акад. наук Укр. 2018. – №2. – С. 19–24. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.02.019>
28. Миронцов Н.Л. Численное решение обратной задачи индукционного каротажа для тонкослоистых разрезов типа «рябчик» // Допов. Нац. акад. наук Укр. 2018. – №1. – С. 15–21. doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.01.015>
29. Миронцов Н.Л. Особенности решения обратной задачи индукционного каротажа в скважинах с высокой проводимостью // Геоінформатика. – 2018. – №1 (65). – С. 35–40.
30. Миронцов Н.Л. Методы факторизации двумерной обратной задачи электрического и индукционного каротажа / Зб. наук. праць. «Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики» – 2011. – №8. – С. 182–191.
31. Миронцов Н.Л. Решение уравнения Фредгольма первого рода типа свертки для задач индукционного каротажа // Геофизический журнал. – 2009. – Т. 31, № 3. – С. 116–120.

32. Миронцов М.Л. Практичне застосування неітераційного методу розв'язання рівняння Фредгольма першого роду до задач геофізики // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2009. – № 5. – С. 49–152.
33. Миронцов Н.Л. Способ решения обратной 2D задачи индукционного каротажа // Геофизический журнал. – 2009 – Т.31, № 4. – С. 196–203.
34. Миронцов Н.Л. Решение задачи определения действительного вертикального профиля проводимости по данным индукционного каротажа // НТВ Каротажник. – 2010. – № 3. – С. 57–69.
35. Миронцов Н.Л. Повышение вертикального разрешения низкочастотного индукционного каротажа на основе решения уравнения Фредгольма первого рода типа свертки // Геоинформатика. – 2012. – № 2. – С. 38–43.
36. Миронцов Н.Л. Новый принцип многозондового электрического каротажа // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2010. – № 6. – С. 103–106.
37. Миронцов Н.Л. Импульсный боковой каротаж с повышенным пространственным разрешением // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2010. – № 5. – С. 120–122.
38. Myrontsov M.L. Method for improving the spatial resolution of resistivity logging // Геофизический журнал. – 2010 – Т. 32, № 4. – С. 119–121.
39. Миронцов Н.Л. Два новых подхода к реализации многозондового бокового каротажа // Геофизический журнал. – 2011 – Т. 33, № 1. – С. 91–100.
40. Миронцов Н.Л. Способ устранения Гронинг-эффекта и эффекта экранирования при двойном боковом каротаже // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2011. – № 3. – С. 129–133.
41. Миронцов Н.Л. Аппаратурно-методический комплекс для исследования коллекторов аномально низкого сопротивления // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2012. – № 1. – С. 117–122.
42. Миронцов Н.Л. Метод распознавания "ошибочных" коллекторов и коллекторов остаточного нефтенасыщения при геофизическом исследовании скважин // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2012. – № 4. – С. 100–106.
43. Миронцов Н.Л. Эффективный метод исследования сложнопостроенных анизотропных пластов-коллекторов в терригенных разрезах // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2012. – № 5. – С. 119–125.
44. Миронцов Н.Л. О методе импульсного индукционного каротажа // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2010. – № 7. – С. 110–112.
45. Myrontsov M.L. Efficient method for solving the resistivity sounding inverse problem // Геофизический журнал. – 2010 – Т. 32, № 4. – С. 117–119.
46. Миронцов Н.Л. Численный метод решения прямой задачи импульсного индукционного каротажа // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2013 – №2. – С. 95–99.
47. Myrontsov M.L. Multi-Probe Hardware for Electrometry of Oil and Gas Wells // Science and innovation. 2018, 14(3):51-56. <https://doi.org/10.15407/scine14.03.051>
48. Миронцов М.Л. Багатозондова апаратура електрометрії нафтогазових свердловин // Наука та інновації. 2018, 14(3): 57–63. <https://doi.org/10.15407/scin14.03.057>
49. Миронцов Н.Л. Анализ возможностей синтетических зондов низкочастотного индукционного каротажа // НТВ Каротажник. – 2010. – № 4. – С. 73–87.
50. Миронцов Н.Л. Оценка влияния погрешности на решение обратной задачи индукционного каротажа // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2011. – № 4. – С. 111–114.
51. Миронцов Н.Л. Анализ возможностей стандартного комплекса электрометрии для решения актуальных задач геофизического исследования скважин // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34, №1. – С. 159–170.
52. Миронцов Н.Л. Один из возможных методов оценки погрешности индукционного низкочастотного каротажа // НТВ Каротажник. – 2012. – №9. – С. 72–77.
53. Миронцов Н.Л. Метод повышения эффективности решения обратной задачи каротажного зондирования комплексом БКЗ-БК-ИК // Геоинформатика. – 2011. – № 2. – С. 43–47.

54. Миронцов Н.Л. Об одном возможном методе повышения эффективности решения обратных задач каротажного зондирования / 36. наук. праць. «Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики» – 2012. – №9. – С. 143–150.
55. Миронцов Н.Л. Один возможный способ повышения точности решения обратной задачи электротометрии скважин // Допов. Нац. акад. наук Укр. – 2013 – №4. – С. 93–96.
56. Миронцов Н.Л. О связи характеристик пространственного разрешения зондирующей аппаратуры каротажа и эффективности решения обратных задач // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34, № 3 – С. 155–159.
57. Миронцов Н.Л. Метод решения обратной задачи электротометрии скважин // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 193–198.
58. Миронцов Н.Л. Аппаратурно-методический комплекс электрического и индукционного каротажа наклонных и горизонтальных скважин // Геодинаміка – 2011 – № 2. (11). – С. 208–209.
59. Сгурнова М.Г., Зайковський М.Я., Заворотько Я.М., Цьоха О.Г., Кнішман О.Ш., Муляр П.М., Дем'яненко І.І. Нафтогазоперспективні об'єкти України. Нафтогазоносність та особливості літогеофізичної будови відкладів нижнього карбону і девону Дніпровсько-Донецької западини. Київ: Наукова думка, 2005. 196 с.
60. Пат. України № 123422, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб п'ятизондового несиметричного індукційного каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
61. Пат. України № 123423, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб двозондового електричного бокового каротажу становленням поля / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
62. Пат. України № 123424, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб чотиризондового несиметричного індукційного каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
63. Пат. України № 123425, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб тризондового електричного бокового каротажу становленням поля / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
64. Пат. України № 123426, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб багатозондового електричного бокового каротажу становленням поля / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
65. Пат. України № 123427, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб чотиризондового різночастотного індукційного зондування ближньої зони свердловинного розрізу / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
66. Пат. України № 123428, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб чотиризондового різночастотного індукційного зондування дальньої зони свердловинного розрізу / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
67. Пат. України № 123429, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб тризондового несиметричного індукційного каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.09.2017; опубл. 26.02.2018 Бюл. №4.
68. Пат. України № 114880, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб електричного бокового каротажу комбінацією прямих вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.

69. Пат. України № 114879, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб багатозондового електричного бокового каротажу комбінацією прямих вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.
70. Пат. України № 114878, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб електричного бокового каротажу комбінацією обернених вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.
71. Пат. України № 114877, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб багатозондового електричного бокового каротажу комбінацією обернених вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.
72. Пат. України № 114876, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб двозондового електричного бокового каротажу комбінацією прямих вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.
73. Пат. України № 114875, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб трizonдового електричного бокового каротажу комбінацією прямих вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.
74. Пат. України № 114874, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб двозондового електричного бокового каротажу комбінацією обернених вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.
75. Пат. України № 114873, МПК⁸ G01V 3/00. Спосіб трizonдового електричного бокового каротажу комбінацією обернених вимірів / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 21.09.2016; опубл. 27.03.2017 Бюл. №6.
76. Пат. України № 108880, МПК⁸G01V 3/00. Спосіб трizonдового електричного бокового каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; заявл. 26.10.2015; опублік. 10.08.16 Бюл. № 15.
77. Пат. України № 76746, МПК⁸G01V 3/00. Спосіб електричного бокового скануючого каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України; заявл. 17.07.2012; опубл. 10.01.2013 Бюл. №1.
78. Пат. України № 77338, МПК⁸G01V 3/00. Спосіб багатозондового електричного бокового каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України; заявл. 26.07.2012; опублік. 11.02.2013 Бюл. №3.
79. Пат. України № 77432, МПК⁸G01V 3/00. Спосіб індукційного каротажу становленням поля / М.Л. Миронцов; власник Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України; заявл. 27.08.2012; опублік. 11.02.2013 Бюл. №3.
80. Пат. України №81173, МПК⁸G01V 3/00. Спосіб частотного сканування при індукційному каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України; заявл. 18.12.2012; опублік. 25.06.2013 Бюл. №12.
81. Пат. України № 81172, МПК⁸G01V 3/00. Спосіб симетричного бокового багатозондового каротажного зондування / М.Л. Миронцов; власник Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України; заявл. 18.12.2012; опублік. 25.06.2013 Бюл. №12.
82. Пат. України № 81171, МПК⁸G01V 3/00. Спосіб двозондового електричного бокового каротажу / М.Л. Миронцов; власник Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України; заявл. 18.12.2012; опублік. 25.06.2013 Бюл. №12.

Стаття надійшла до редакції 16.08.2018.