

УДК 550.3

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.105.06>

Наталія РУСАЧЕНКО, асп.

ORCID ID: 0000-0002-7407-696X

e-mail: rusachenko_natasha@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Павло КУЗЬМЕНКО, канд. геол. наук, доц.

ORCID ID: 0009-0007-0157-9391

e-mail: pavlo.kuzmenko@knu.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНІ АЛГОРИТМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СОЛЯНО-КУПОЛЬНОЇ ТЕКТОНІКИ ЗА СЕЙСМІЧНИМИ ДАНИМИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.В. Шабатурою)

Обробка сейсмічних даних, в умовах складної соляно-купольної тектоніки Дніпровсько-Донецького басейну, вимагає особливої уваги до оконтурення тіла соляного штока. Статтю присвячено аналізу методичних принципів застосування високотехнологічних алгоритмів обробки сейсмічних даних, які стали галузевими стандартами в провідних сервісних геофізичних компаніях, а в Україні тільки починають включатися до послідовності процедур обробки сейсмічної інформації.

Детально описано переваги пре-стек глибинної міграції порівняно з часовою міграцією, результати якої можуть містити "pull up" та "push down" ефекти. Також висвітлено результати міграції зворотного часу (RTM), що значно покращила простеження горизонтів, на прикладі матеріалів Дніпровсько-Донецької западини, у прирозломних та приштокових зонах. Проаналізовано результати повнохвильової інверсії (FWI) для візуалізації соляно-купольної тектоніки та візуалізації штоків.

Розглянуто комплексне використання глибинної міграції, RTM та FWI під час обробки масиву сейсмічних даних у межах румунської частини Карпат. Результати ілюструють покращення роздільної здатності, сейсмічні горизонти стали більш регулярними, вдалося уникнути переходу з фази на фазу. Також оконтурено просторові межі розломів та соляні тіла.

Наголошено, що сейсмічні дані, які максимально відображають реальне геологічне середовище, можуть бути отримані тільки в результаті синергічного поєднання досконалих варіантів систем спостереження та обробки, достовірних швидкісних моделей та сучасних алгоритмів міграції як елементів технології загалом. Комплексне застосування цих технологій демонструє узгоджені геологічні результати та створює передумови для виявлення нових родовищ та пасток вуглеводнів, що приурочені до зон розвитку солянокупольної тектоніки Дніпровсько-Донецької западини.

Ключові слова: сейсмічна обробка, пре-стек глибинна міграція, міграція зворотного часу (RTM), повнохвильова інверсія (FWI).

Вступ

З геологічного погляду центральна частина Дніпровсько-Донецького западини (ДДЗ) є складною територією, у геологічній будові якої значну роль відіграють девонські соляні куполи та діапіри. Ці формації утворювалися епізодично в кілька етапів, які чергувалися з періодами стабільності та викликані тектонічними рухами (Stovba, & Stephenson, 2012). Підняття солі деформувало шари гірських порід, тому горизонти біля соляного купола мають великий кут падіння, що в окремих випадках досягає 90 градусів. Присольові відклади можуть утворювати пастки та відповідні умови для накопичення вуглеводнів, тому важливо отримати якомога більш інформативні зображення тіла соляних штоків сейсмічними методами.

Обробка сейсмічних даних, в умовах складної соляно-купольної тектоніки Дніпровсько-Донецького басейну, вимагає особливої уваги до оконтурення тіла соляного штока. З цією метою у вітчизняну практику було введено застосування таких високотехнологічних процедур, як глибинна міграція, міграція зворотного часу та повнохвильова інверсія, що допомагає визначити нові перспективи використання сейсмічних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Прагнення геофізиків зменшити ризики буріння привело до потреби вдосконалення візуалізації геологічного середовища. Першим кроком стало використання алгоритму глибинної міграції для даних Мексиканської затоки (Ratcliff, Gray, & Whitmore, 1991). Було протестовано два алгоритми глибинної міграції. Перший підхід використовував тривимірне рішення рівняння Ейконала. Другий підхід використовує динамічне трасування променів для їх відстеження у тривимірній моделі. Результати тестування на синтетичних і реальних сейсмічних даних

показали, що використання структурно-тектонічної моделі підвищує точність алгоритму.

Процес галокінезу призводить до утворення соляних структур складної форми, що створює проблеми для побудови сейсмічної швидкісної моделі та, відповідно, для алгоритму сейсмічної міграції. Для вирішення поставленого завдання було розроблено ряд нових алгоритмів міграції (McMechan, 1983; Hale, Hill, & Stefani, 1992; Jones, 2008; Мармалевский, Костюкевич, & Дуброва, 2013). Однак, незважаючи на прогрес в алгоритмах міграції, створення реалістичної моделі геологічного середовища залишається актуальною задачею (Jones, 2008; McCann, & Viz, 2012) тощо.

Для розв'язання проблеми побудови достовірної швидкісної моделі для отримання геологічно-змістовних результатів обробки сейсмічних даних в останнє десятиріччя вийшла низка статей, які доводили ефективність використання алгоритму FWI для областей зі складною тектонікою (Ramos-Martinez et al., 2017; Whitmore et al., 2020).

Вітчизняні науковці вивчали комплексні підходи для отримання максимально змістовного сейсмічного зображення. А.Н. Тяпкіна, Ю.К. Тяпкін, Е.Ю. Тяпкіна (Тяпкина, Тяпкин, & Тяпкина, 2017) доводили, що сучасні методи широко- і повноазимутальної зйомки в поєднанні із графом обробки, який включає застосування похилої трансверсально-ізотропної моделі геологічного середовища, міграції у зворотному часі та спеціальних процедур обробки, створюють передумови для отримання достовірної моделі геологічного середовища та її подальшої поглибленої інтерпретації.

Над питанням удосконалення графу обробки для побудови сейсмічних зображень соляних штоків працював Н.Я. Мармалевський (Мармалевский, Костюкевич, & Дуброва, 2013). Його робота присвячена виявленню та

простеженню субвертикальних відбиваючих границь. Автори застосовували міграцію дуплексних хвиль, яка може використовуватися як складова комплексного підходу для вирішення задач вивчення соляно-купольної тектоніки.

Мета досліджень – описати та проаналізувати процедури сейсмічної обробки, що дають змогу отримати максимально наближений до реального геологічного середовища результат. Висвітлити перспективи застосування алгоритмів PSDM, RTM та FWI, які вже стали галузевими стандартами у провідних сервісних геофізичних компаніях, а нині починають бути частиною графу обробки вітчизняних даних.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Використання усталених алгоритмів обробки сейсмічних даних сьогодні виявляється недостатнім для побудови достовірної моделі геологічного середовища в ускладненому соляно-купольною тектонікою геологічному розрізі Дніпровсько-Донецької западини. Тому застосування світового досвіду у використанні відповідних високотехнологічних алгоритмів на перспективних площах та родовищах ДДЗ вважається авторами одним із найефективніших підходів для розв'язання зазначеної проблеми.

Результати

PSDM. Пре-стек глибинна міграція. Зазвичай мається на увазі найбільш широкозастосовувана у

нафтогазовій індустрії міграція за алгоритмом Кірхгофа (https://wiki.seg.org/wiki/3-D_prestack_depth_migration). Узагальнено це процес міграції, під час якого дані підсумовуються після того, як була виконана міграція в глибинному домені. Для даного типу міграції використовується пластова швидкісна модель. Алгоритм придатний як для вертикальних, так і латеральних варіацій сейсмічних швидкостей. Пре-стек глибинна міграція має важливе значення для отримання сейсмічних зображень у областях, де існують структури з крутим кутами нахилу горизонтів, наприклад уздовж соляних куполів або в зонах скидових розломів. Також даний тип міграції є стандартом для вирішення задач кількісної інтерпретації та прогнозування характеристик геологічного розрізу.

На рис. 1 показано приклади виникнення помилок під час побудови сейсмічних зображень у припущенні середньошвидкісної моделі, що зумовлені варіаціями латеральної швидкості. Ефект "pull up" – це підняття сейсмічних горизонтів, спричинене поширенням сейсмічних хвиль з формацій із вищою швидкістю сейсмічних хвиль у формації з нижчою. Ефект "push down" – це опускання сейсмічних горизонтів, спричинене поширенням сейсмічних хвиль з формацій із нижчою швидкістю у формації, де швидкість вища. Використання пре-стек глибинної міграції дає змогу позбавитися цих помилок.

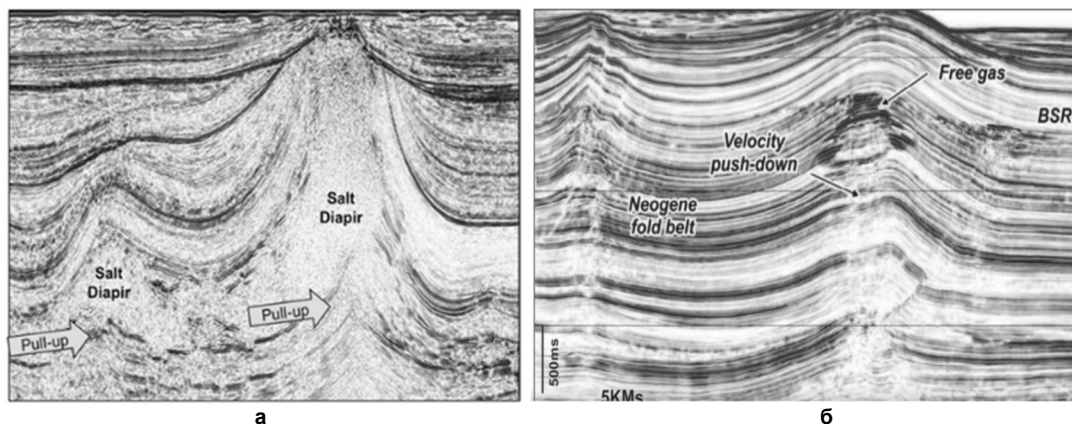


Рис. 1. Приклади спотворення геометрії горизонтів на даних часової міграції перед підсумовуванням (PSDM): а – "pull up" ефект (Marfurt et al., 2014); б – "push down" ефект (Hajana, 2015)

RTM. Reverse time migration – високотехнологічна процедура, яка обчислює чисельні розв'язки повного хвильового рівняння. Згідно з міжнародним досвідом, RTM є точним методом сейсмічної візуалізації для крутих і вертикальних геологічних (акустично-контрастних) границь. Застосування RTM на наземних 3D WAZ даних є великим викликом у Дніпровсько-Донецькому басейні через погану якість даних з низьким співвідношенням сигнал/завада та нерегулярну просторову вибірку через пропуски в розстановці та відсутність трас.

Для RTM використовують нерегуляризовані дані з вихідним положенням пунктів збудження та реєстрації. Це впливає на результат присольових сейсмічних відбиттів. Аналіз результатів KPSDM та RTM для двох площ виявив однакові особливості. Сейсмічні дані RTM виглядали більш згладженими, але для горизонтів з крутими кутами падіння та по латералі простежувалася краща когерентність. Також відмінності між даними KPSDM та RTM полягають у спектрі, оскільки перші характеризуються повним діапазоном спектра сейсмічних частот. У свою чергу, RTM під сіллю має відбиття з крутими кутами падіння горизонтів, які не спостерігаються на KPSDM. Це допомагає визначити нові перспективні ділянки за

допомогою алгоритму RTM. Даний алгоритм показав результати, що узгоджуються з геологією регіону та потенційно можуть допомогти відкрити вуглеводневі пастки та окреслити соляні штоки у складній геології Дніпровсько-Донецького басейну.

Сейсмічні дані RTM виглядають більш згладженими, але для крутоспадних пластів їх латеральні протяжні відбиття виглядають набагато краще. Частотно-обмежений алгоритм RTM виявився ефективним, особливо на рівні сольових і підсольових відкладів для покращення сейсмічного зображення порівняно з більш простим алгоритмом міграції Кірхгофа. Разом з тим у верхній частині (1000 м) RTM є тінюві зони, спричинені низькою кратністю, яка зумовлена поверхневими умовами та нерегулярністю сейсмічної зйомки (червоний прямокутник) (рис. 2). Крутонахилені відбиваючі горизонти, сформовані тектонічними рухами геологічних структур, погано спостерігаються на розрізі PSDM, але результати RTM відновлюють відбиваючі горизонти, що мають круті кути нахилу. Це показано на малюнках жовтими стрілками.

Результати PSDM за алгоритмом Кірхгофа та RTM наведено на рис. 2.

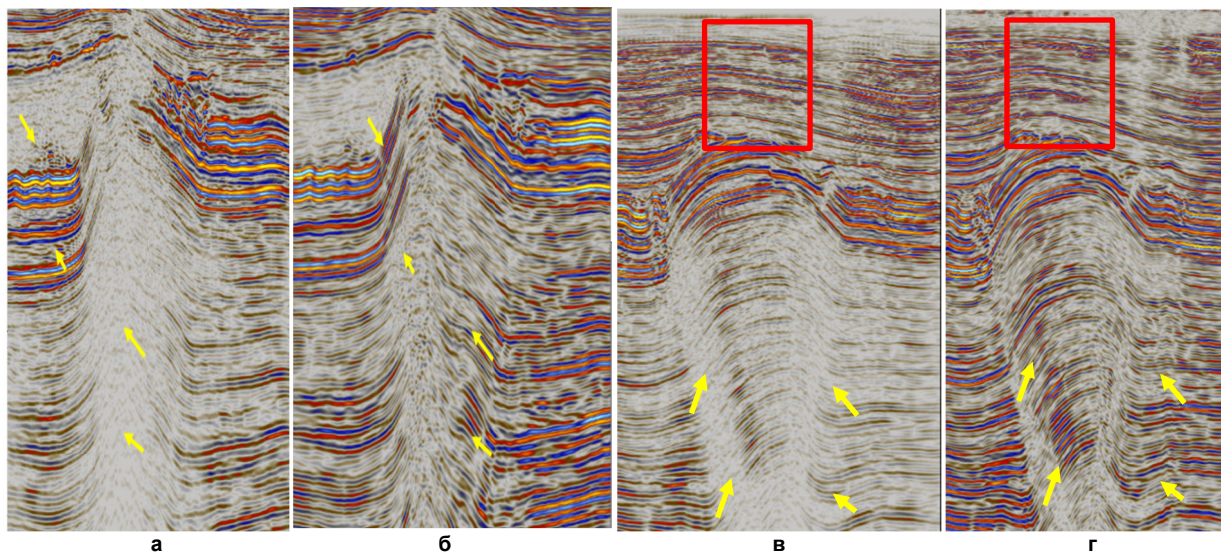


Рис. 2. Порівняння результатів а, в – пре-стек глибинна міграція Кірхгофа; б, г – RTM (Kuzmenko et al., 2021)

Максимального ефекту досягнуто при поєднанні широкоазимутальних даних із трансверсально-ізотропною моделлю швидкості з похилою віссю симетрії. У цьому випадку відбиття від осадових порід під соляним штоком мінімально спотворені завадами та чітко простежуються до границі із сіллю. Алгоритм RTM у поєднанні із широкоазимутальною системою спостережень дає змогу впевнено виділити ніжку штока і надійніше закартувати відбиття від геологічних горизонтів у приштоковій зоні.

FWI. Full-waveform inversion – це сучасний процес побудови швидкісної моделі, який долає обмеження

існуючих методів. FWI використовує початкову швидкісну модель та застосовує послідовність лінеаризованих інверсій, щоб вирішити повну нелінійну проблему FWI та її оновлення.

Алгоритм здатен зіставляти синтетичну сейсмічну інформацію з оригінальним набором польових даних. Це досягається ітераційно шляхом визначення різниці між змодельованими та реальними даними (рис. 3). Будь-який граф побудови швидкісної моделі для пре-стек глибинної міграції може використовувати з урахування даних FWI.

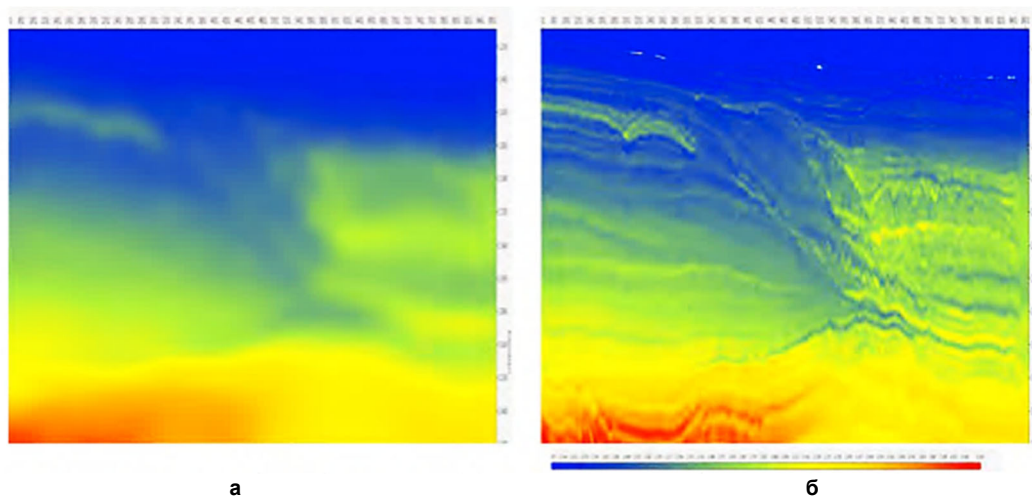


Рис. 3. Порівняння швидкісної моделі після томографії (а) та швидкісної моделі після алгоритму FWI (б) (Karoor et al., 2013)

Основні переваги FWI такі:

- використання спадних, заломлених та відбитих хвиль одночасно для забезпечення побудови точних швидкісних моделей;
- усунення артефактів міграції, що приводить до отримання точних моделей швидкості у глибинній області;
- покращення якості сейсмічних зображень разом з отриманням характеристики колектора.

Результати комплексного застосування алгоритмів.

Важливість створення швидкісної моделі та необхідність використання комплексного підходу проілюстрував

у своїй статті I.F. Jones (2008). Автор на прикладі змодельованих даних із структурами Північного моря показав недоліки у використанні так званої соляної моделі (оконтурення ймовірних меж соляного штоку з метою використання в межах виділеної структури значення швидкості поширення сейсмічних хвиль у сольових відкладах). Зображення стінок соляного штоку виглядає краще в моделі без солі (рис. 4). Автори статті наголошують на наявності взаємозв'язку швидкісної моделі та точності візуалізації субвертикальних стінок соляних штоків.

У статті (Meffre et al., 2022) розглянуто комплексне використання глибинної міграції, RTM та FWI під час

обробки масиву сейсмічних даних. Площі територіально розташовувалися в межах румунської частини Карпат. Як видно з результатів, представлених на рис. 5, покращилася роздільна здатність, сейсмічні горизонти стали більш регулярними, вдалося уникнути переходу із фази на фазу. Також оконтурені просторові межі розломів та соляні тіла. Отримані результати рекомендовано використовувати під

час розробки родовищ. Це підвищує достовірність сейсмічних даних та знижує ризики буріння.

У статті (Dolytny et al., 2022) проаналізували зазначений комплексний підхід на прикладі матеріалів Басейну Кампос (Бразилія) (рис. 6). Стрілки показують покращення візуалізації підсолевих відбиттів. Колом виділено розломи рифтової стадії, які зафіксовано на ображенні FWI.

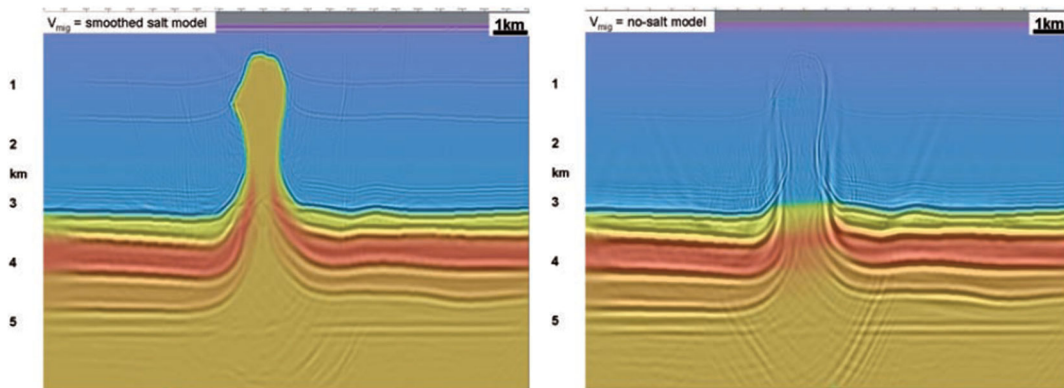


Рис. 4. Результати RTM із моделлю солі (a) та без моделі солі (b) (Jones et al., 2008)

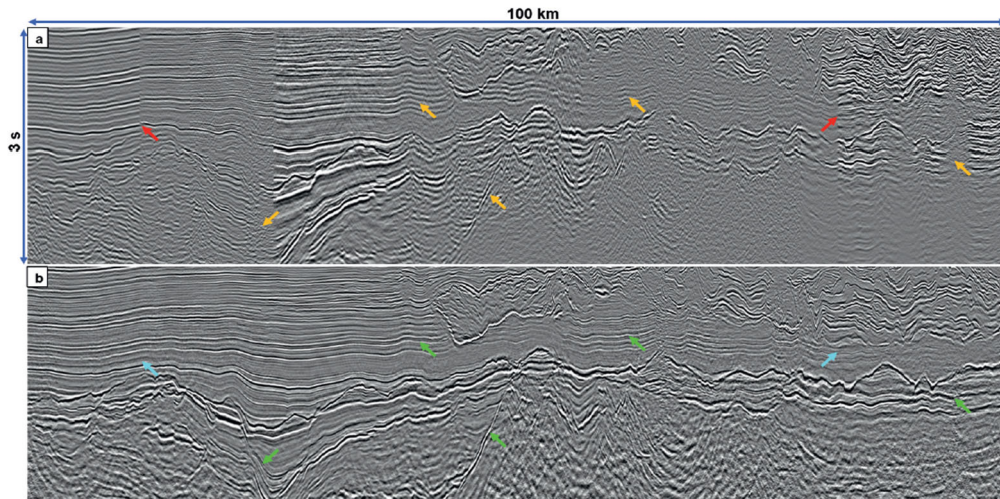


Рис. 5. Порівняння результатів різних типів міграції:

a – результати пре-стек часової міграції (PSTM); b – узагальнені результати PSDM, RTM та FWI (Meffre et al., 2022)

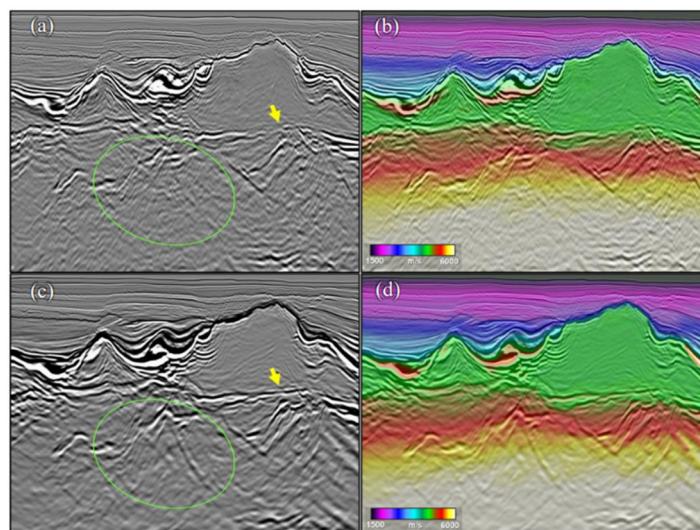


Рис. 6. Результати RTM міграції (a); результати RTM міграції із накладеною швидкісною моделлю (b); результати FWI (c); результати FWI 20 Гц із накладеною оновленою швидкісною моделлю (d) (Dolytny et al., 2022)

Висновки

Різноманітні типи пасток вуглеводнів, пов'язаних з розвиненими соляними тілами, не можуть бути надійно виявлені та підтверджені бурінням без попереднього отримання достовірних сейсмічних результатів. Такими результатами є якісні швидкісні моделі та сейсмічні зображення геологічного середовища. Стаття розкриває вітчизняний і міжнародний досвід – як за допомогою сучасних алгоритмів і технологій можна отримати покращені зображення геологічного середовища та підвищити інформативність геологічних моделей. Серед таких технологій можна виділити глибинну міграцію, міграцію зворотного часу та повнохвильову інверсію. Комплексне застосування цих технологій демонструє узгоджені геологічні результати та створює передумови для виявлення нових родовищ і пасток вуглеводнів, приурочених до зон розвитку солянокупольної тектоніки Дніпровсько-Донецької западини.

Внесок авторів: Наталія Русаченко – концептуалізація, формальний аналіз, методологія, написання (оригінальна чернетка); Павло Кузьменко – валідація даних, написання (перегляд і редагування).

Список використаних джерел

- Мармалевський, Н., Костюкевич, А., & Дуброва, Г. (2013). Миграция дуплексных волн и приближение угольковых отражателей. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*, 4, 22–29.
- Тяпкина, А., Тяпкин, Ю., & Тяпкина, Е. (2017). Сочетание усовершенствованной системы наблюдения, обработки, скоростной модели и миграции для построения сейсмических изображений в районах с интенсивной соляной тектоникой. *Геофізичний журнал*, 39, 3–21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i2.2017.97347>
- Dolymnyj, C., Rodrigues, F., Porto, A., Galves, L., & Ovalles, A., (2022). Assessing FWI imaging's potential to tackle illumination issues and internal multiples in the Brazilian presalt. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 782–786. <https://doi.org/10.1190/image2022-3749870.1>
- Hajana, M. (2015). *Seismic characterisation of fluid leakage in marine sediments*. SEG. <https://doi.org/10.1190/int-2014-0122.1>
- Hale, D., Hill, N.R., & Stefani, J.P. (1992). Imaging salt with turning seismic waves. *Geophysics*, 57, 1453–1462.
- Jones, I., Bloor, R., Biondi, B., & Etgen, J. (Eds.). (2008). *Prestack Depth Migration and Velocity Model Building*. Society of Exploration Geophysicists.
- Kapoor, S., Vigh, D., Wiarda, E., & Alwon, S. (2013). Full Waveform Inversion Around the World. *75th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2013*, Jun 2013, cp-348-00693. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20130827>
- Kuzmenko, P., & Rusachenko, N. et al. (2021). Some Aspects of Seismic Data Reverse Time Migration for Salt Tectonics Geology of the Dnieper-Donets Basin. *SPE Eastern Europe Subsurface Conference, November 23–24, 2021, Kyiv, Ukraine*. doi: <https://doi.org/10.2118/208531-MS>
- Marfurt, K. J., & Alves, T. M. (2014). Pitfalls and limitations in seismic attribute interpretation of tectonic features. *Interpretation*, 3(1), 1F-T41. <https://doi.org/10.1190/INT-2014-0122.1>
- McCann, D. M., & Viz, M. J. (2012). Risk-Based Inspection and Hazard Assessments: Analogs for Civil Infrastructure. *Structures Congress 2015, ASCE 2012*, 1639–1648.
- McMechan, G. A. (1983). Migration by extrapolation of time-depnt boundary values. *Geophysical Prospecting*, 31(3), 412–420. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1983.tb01060.x>
- Meffre, A., & Prioux, V. (2022). Revival of legacy land seismic surveys using advanced processing technologies: An example from the Carpathian foothills. *First Break*, 40(1), 45–52. <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2022002>

- Ramos-Martinez, J., Shi, J., Qiu L., Valenciano A., & Chemingui N. (2017). Multi-Parameter FWI – Long-Wavelength Updates and Leakage Reduction in Acoustic Anisotropic Media. *79th EAGE Conference and Exhibition 2017, Jun 2017*, Vol. 2017, p. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201700834>.
- Ratcliff, D. W., Gray, S. H., & Whitmore, N. D. (1991). Seismic imaging of salt structures in the Gulf of Mexico. *SEG 61 Expanded Abstracts*, 1164–1167. <https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.316.177>
- Stephenson, R., & Stovba, S. (2012). *The Dniepr-Donets Basin, Regional Geology and Tectonics: Phanerozoic Rift System and Sedimentary Basins*. Roberts D.G. and Bally A.W. (Eds), London, pp. 421–436. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-56356-9.00015-8>.
- Whitmore, N., Martin, T., Yang Y., Chemingui, N., Alcantara, T., & Frugier, E. (2021). Efficient reflectivity modelling for full wavefield FWI. *First Break*. 39. 53–58. <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2021019>.

References

- Dolymnyj, C., Rodrigues, F., Porto, A., Galves, L., & Ovalles, A., (2022). Assessing FWI imaging's potential to tackle illumination issues and internal multiples in the Brazilian presalt. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 782–786. <https://doi.org/10.1190/image2022-3749870.1>
- Hajana, M. (2015). *Seismic characterisation of fluid leakage in marine sediments*. SEG. <https://doi.org/10.1190/int-2014-0122.1>
- Hale, D., Hill, N.R., & Stefani, J.P. (1992). Imaging salt with turning seismic waves. *Geophysics*, 57, 1453–1462.
- Jones, I., Bloor, R., Biondi, B., & Etgen, J. (Eds.). (2008). *Prestack Depth Migration and Velocity Model Building*. Society of Exploration Geophysicists.
- Kapoor, S., Vigh, D., Wiarda, E., & Alwon, S. (2013). Full Waveform Inversion Around the World. *75th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2013*, Jun 2013, cp-348-00693. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20130827>
- Kuzmenko, P., & Rusachenko, N. et al. (2021). Some Aspects of Seismic Data Reverse Time Migration for Salt Tectonics Geology of the Dnieper-Donets Basin. *SPE Eastern Europe Subsurface Conference, November 23–24, 2021, Kyiv, Ukraine*. doi: <https://doi.org/10.2118/208531-MS>
- Marfurt, K. J., & Alves, T. M. (2014). Pitfalls and limitations in seismic attribute interpretation of tectonic features. *Interpretation*, 3(1), 1F-T41. <https://doi.org/10.1190/INT-2014-0122.1>
- Marmalevsky, N., Kostyukevich, A., & Dubrova, G. (2013). Migration of duplex waves and the approach of corner reflectors. *Collection of scientific works of UkrDGRI*, 4, 22–29 [in Russian].
- McCann, D. M., & Viz, M. J. (2012). Risk-Based Inspection and Hazard Assessments: Analogs for Civil Infrastructure. *Structures Congress 2015, ASCE 2012*, 1639–1648.
- McMechan, G. A. (1983). Migration by extrapolation of time-depnt boundary values. *Geophysical Prospecting*, 31(3), 412–420. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1983.tb01060.x>
- Meffre, A., & Prioux, V. (2022). Revival of legacy land seismic surveys using advanced processing technologies: An example from the Carpathian foothills. *First Break*, 40(1), 45–52. <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2022002>
- Ramos-Martinez, J., Shi, J., Qiu L., Valenciano A., & Chemingui N. (2017). Multi-Parameter FWI – Long-Wavelength Updates and Leakage Reduction in Acoustic Anisotropic Media. *79th EAGE Conference and Exhibition 2017, Jun 2017*, Vol. 2017, p. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201700834>.
- Ratcliff, D. W., Gray, S. H., & Whitmore, N. D. (1991). Seismic imaging of salt structures in the Gulf of Mexico. *SEG 61 Expanded Abstracts*, 1164–1167. <https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.316.177>
- Stephenson, R., & Stovba, S. (2012). *The Dniepr-Donets Basin, Regional Geology and Tectonics: Phanerozoic Rift System and Sedimentary Basins*. Roberts D.G. and Bally A.W. (Eds), London, pp. 421–436. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-56356-9.00015-8>.
- Tyapkina, A., Tyapkin, Y., & Tyapkina, E. (2017). Combining an advanced observation system, processing, velocity model and migration for seismic imaging in areas with intense salt tectonics. *Geophysical Journal*, 39, 3–21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i2.2017.97347> [in Russian].
- Whitmore, N., Martin, T., Yang Y., Chemingui, N., Alcantara, T., & Frugier, E. (2021). Efficient reflectivity modelling for full wavefield FWI. *First Break*. 39. 53–58. <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2021019>.

Отримано редакцією журналу / Received: 02.09.23

Прорецензовано / Revised: 27.03.24

Схвалено до друку / Accepted: 29.05.24

Natalia RUSACHENKO, PhD Student (Geol.)
ORCID ID: 0000-0002-7407-696X
e-mail: rusachenko_natasha@ukr.net
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Pavlo KUZMENKO, PhD (Geol.), Assoc. Prof.
ORCID ID: 0009-0007-0157-9391
e-mail: pavlo.kuzmenko@knu.ua
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

HIGH-TECH ALGORITHMS FOR VISUALIZATION OF SALT-DOME TECTONICS ON SEISMIC DATA

Processing of seismic data, in the conditions of complex salt-dome tectonics of the Dnipro-Donetsk basin, requires special attention to the outline of the body of the salt shaft. The article is devoted to the analysis of methodological principles of applying high-tech seismic data processing algorithms, which have become industry standards in leading service geophysical companies, and in Ukraine are just beginning to be included in the seismic data processing workflow.

The advantages of pre-stack depth migration compared to pre-stack time migration were described and one of them is absence of "pull up" and "push down" effects. In addition, the Reverse time migration (RTM) significantly improved the continuity of horizons, which is illustrated by data from the Dnieper-Donetsk basin. Full-waveform inversion (FWI) for visualizing the salt-dome tectonics and diapirs are described in detail.

The integrated use of depth migration, RTM and FWI during the seismic data processing within the Romanian part of the Carpathians was considered. There is improvement of the resolution, the seismic horizons became more continuous, it became possible to avoid phase mismatch. Faults and salt bodies are also better visualized.

Seismic data that maximally reflect the real geological environment can be obtained only as a result of a synergistic combination of perfect options for observation and processing systems, reliable velocity models, and modern migration algorithms as elements of technology in general. The complex application of these technologies demonstrates consistent geological results and creates prerequisites for the discovery of new deposits and hydrocarbon traps, which are confined to the zones of development of salt dome tectonics of the Dnipro-Donetsk basin.

Key words: seismic processing, pre-stack depth migration, reverse time migration (RTM), full-waveform inversion (FWI).

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.