

ПРО МЕТОДИКУ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНОПОБУДОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ У ГРАВІРОЗВІДЦІ

Актуальність. Накопичення геолого-геофізичної інформації і розвиток комп'ютерних технологій стимулюють автоматизацію комплексної інтерпретації, на меті якої є поглиблення змістовності, достовірності, детальності і точності вирішення геологічних задач, а також появу “новітніх наукомістких” методологій інтерпретації геофізичних матеріалів, таких наприклад, що ґрунтуються на принципах “інтегральної інтерпретації” і які дають змогу, на думку авторів, перейти від вивчення геологічного розрізу до регіонального і локального прогнозу корисних копалин [1, 2].

Проте дослідження складних геологічних середовищ традиційними методами пасивної комплексної інтерпретації гравіметричних матеріалів актуальні й нині. Комп'ютерні технології, які є інтерпретаційним інструментом цих методів, можуть забезпечити швидкість і формальну змістовність результатів інтерпретації, але достовірність і детальність параметричних побудов залежать від багатьох факторів, серед яких інформаційна база і професійний рівень інтерпретатора домінують. Стаття присвячена методичним питанням побудови оптимальних густинних моделей середовищ. Методика побудов, засади якої розроблені автором [3], започаткована на *критеріальному підході* [4] до розв'язання обернених задач геофізики та на 2D/3D технологіях [5] швидкого розв'язання прямих і обернених (структурних і лінійних) задач гравірозувідки для моделей *великої розмірності* ($\geq 10^5$ параметрів).

Технологічні і геологічні ознаки методики моделювання. З огляду на складність геологічних розрізів та ідеї критеріальності методи досягнення розв'язку обернених задач гравірозувідки (ОЗГ) мають “працювати” на широкому класі функцій, що квадратично інтегруються, та формально забезпечувати *геологічну змістовність* цих розв'язків. Головними властивостями технологічних засобів, на думку автора, мають бути такі:

- 1) швидке розв'язання прямих та обернених 2D/3D задач для моделей *великої розмірності*;
- 2) ефективна *апроксимаційна конструкція* (наприклад, щільна “упаковка” середовища великою кількістю маленьких паралелепіпедів);

- 3) ітеративність і регуляризація не лише внаслідок зменшення “впливу похибок у полі” і підвищення стійкості рішення ОЗГ, а й для підвищення геологічної змістовності таких розв’язків (наприклад, фізично детермінований спосіб вибору параметрів регуляризації [6], забезпечення гладкості методом “великих ітерацій” [3]);
- 4) формалізовані критерії максимальної кореляції можливих розв’язків з апріорною інформацією і змістовні проектори (обмеження) на передбачувані властивості розв’язків;
- 5) можливість урахування будови бокових зон і регіонального фону.

Геологічні ознаки методики параметричного моделювання, яка може забезпечити вибір оптимальної моделі: через неоднозначність розв’язку обернених задач крім формальної змістовності (максимального наближення моделей до “реальних” – *принцип складнобудованості*) і узгодженості з апріорними геолого-геофізичними матеріалами (*принцип максимального використання у будь-яких формах різноманітної апріорної інформації*) під оптимальністю слід розуміти і відповідність моделі певним геологічним гіпотезам інтерпретатора (*принцип свідомого застосування суб’єктивного фактора*). Для більшої об’єктивності моделювання слід формувати і враховувати низку геологічних гіпотез.

Одним із способів розвитку методик, що ґрунтуються на таких принципах, є імітаційне моделювання [7]. Воно дає можливість й об’єктивніше оцінювати можливості гравірозвідки та логічніше вирішувати методичні питання конкретного моделювання.

Методика гравіметричного моделювання заснована на побудові “неформальної послідовності еквівалентних розв’язків” і коротко полягає у такому.

Апріорним даним властива неповнота та неоднозначність, тому на їхньому ґрунті можна формувати низку *гіпотез* про будову геологічного середовища. Апріорні дані і гіпотези формалізують у вигляді апріорних (первинних, “нульових”) моделей і проекторів. *Апріорні моделі середовища* (АМС) і проектори складають зміст основних критеріїв, за якими досягається розв’язок ОЗГ з наперед заданими властивостями. Інакше кажучи, результатом розв’язку ОЗГ є одна з *ε -еквівалентних моделей середовища* (ЕМС), але важливо, що така ЕМС є модельною реалізацією формалізованої гіпотези. Тут параметр ε вказує на допустиму формальну похибку, з якою отримано розв’язок.

Ідеї інтерпретації не одного з можливих розв’язків ОЗГ, а їх певної родини розглянуто у працях В.М. Страхова [8], А.В. Цирульського [9], В.М. Берьозкіна [10] і О.І. Кобрунова [11]. У цих публікаціях йде мова про способи побудови родини ЕМС лише формально, геологічні погляди взято до уваги лише на етапі порівняльного аналізу елементів родини. Принципи-

повою відмінністю цієї методики є наголос на геологічну суть моделювання з перших кроків побудови родини ЕМС. Інструментом *методики побудови неформальної послідовності еквівалентних розв'язків* є технології швидкого 2D/3D моделювання, про актуальність розробки яких для моделей великої розмірності викладено у статтях В.М.Страхова [12–14].

Кроки інтерпретації гравіметричних *матеріалів* за методикою неформальної послідовності:

- 1) *формування* геологічних гіпотез;
- 2) *формалізація* геологічних гіпотез → АМС;
- 3) *реалізація* гіпотез → ЕМС;
- 4) *інтерпретація* родини ЕМС → ОМС.

Інтерпретація родини ЕМС спрямована на звуження потужності родини, підвищення вірогідності та детальності її елементів. Чисельність гіпотез зменшується за рахунок тих, реалізації яких є геологічно беззмістовними або суперечать їм по суті. Підвищення вірогідності досягають виявленням особливостей, що зберігаються або проявляються у більшості ЕМС. За аналізом ЕМС можливі переформування та деталізація власне гіпотез. Кінцевою метою інтерпретації є побудова оптимальної моделі середовища (ОМС) або обмеженої кількості однаково ймовірних ЕМС (рис. 1).

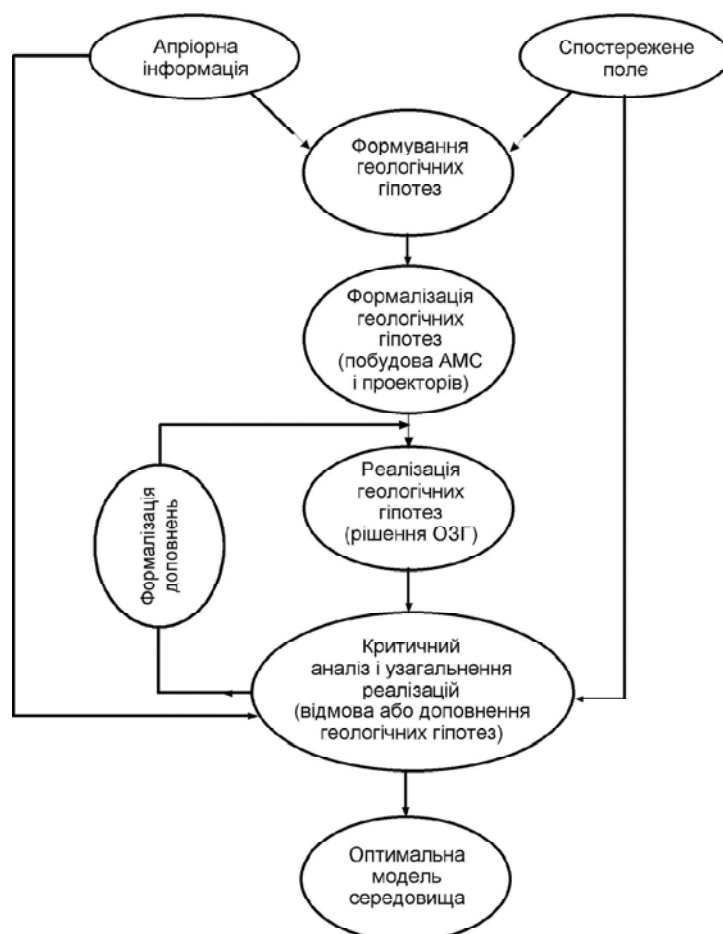


Рис. 1. Схема побудови оптимальної моделі середовища

Наведена методика інтерпретації гравіметричних матеріалів є втіленням досвіду з чисельного моделювання густинної будови середовищ [15–20].

Наведемо приклад моделювання структурної і густинної будови Українських Карпат за регіональним профілем Р2 (1998 р., раніше не опублікований), спрямованого на дослідження блокової будови фундаменту. Тут апріорна модель була корегована до первинної моделі (другий крок моделювання, рис. 2) з використанням методичних способів простого підбору, геологічна ефективність якого яскраво продемонстрована роботами

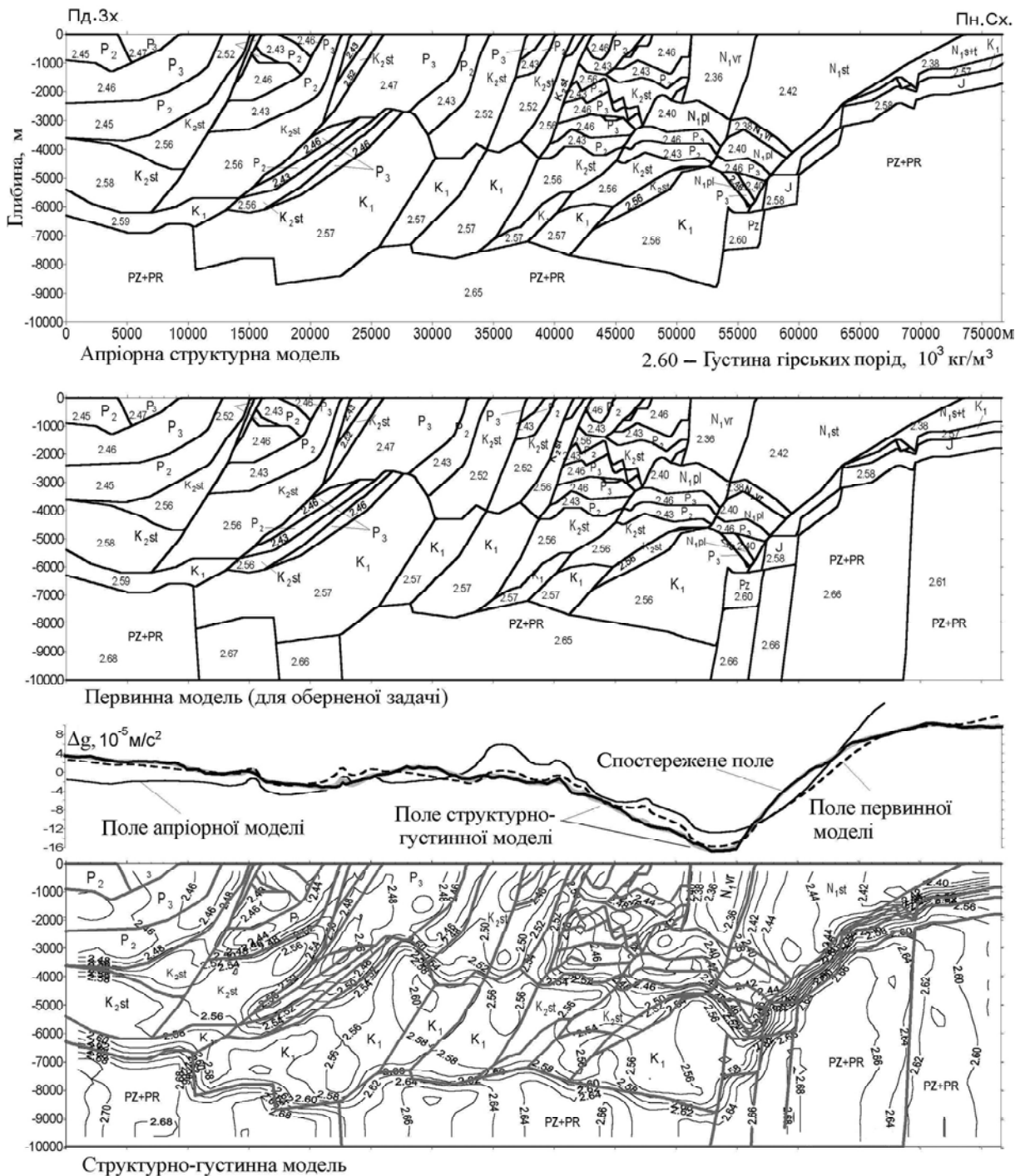


Рис. 2. Структурно-густинне моделювання у регіональних дослідженнях Карпатського регіону по геотраверсу Р2

С.С. Красовського. Результатами моделювання (третій крок: структурно-густинна модель) підтверджена неоднорідно-блокова будова фундаменту та виконана деталізація розподілу густин порід у межах осадового комплексу.

1. Петровський О.П., Кобрунов О.І., Ганженко Н.С. та ін. Проблема перспектив нафтогазоносності в Карпатському регіоні з позицій інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних // Наук. вісн. ІФНТУНГ. – Ів.-Франківськ, 2003. – №1(5). – С. 8–15.
2. Петровский А.П., Кобрунов А.И., Ганженко Н.С. и др. Проблема регионального прогноза перспектив нефтегазоносности на основе интегральной интерпретации гравиметрических и геолого-геофизических данных // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Материалы Междунар. семинара им. Д.Г. Успенского. – М.: ОИФЗ РАН, 2004. – С. 56–57.
3. Анікеєв С.Г. Методика інтерпретації гравіметричних матеріалів при довільній будові геологічних середовищ: Автореф. дис. канд. геол. наук: 04.00.22 / ІФДТУНГ. – Київ, 1999. – 242 с.
4. Кобрунов А.И. Теоретические основы критериального подхода к анализу геофизических данных (на примере задач гравиметрии) // ИФИНГ. – Ивано-Франковск, 1985. – 269 с. – Деп. в УкрНИИТИ 18.02.86, Т 1280-УК86.
5. Анікеєв С.Г. Комп'ютерна система рішення прямих та обернених задач гравірозвідки для 2D/3D моделей складнобудованих середовищ // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Сер. Розвід. і промисл. геологія. – Івано-Франківськ, 1997. – Вип. 34. – С. 57–63.
6. Анікеєв С.Г. Про фізичну детермінованість квазірозв'язків лінійних обернених задач граві-магнітометрії // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Львів: Вища шк., 1993. – Вип. 30. – С. 9–17.
7. Анікеєв С.Г. Про імітаційне моделювання в гравірозвідці // Зб. Наук. праць: Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2007. – С. 292–298.
8. Страхов В.Н. Аналитическое продолжение и решение обратной задачи гравиметрии // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1989. – № 3. – С. 34–50.
9. Цирульский А.В., Пруткин И.Л. О решении обратной задачи гравиметрии для произвольных классов двумерных и трехмерных потенциалов // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1981. – **11**. – С. 45–61.
10. Березкин В.М. Применение гравиразведки для поисков месторождений нефти и газа. – М.: Недра, 1973. – 307 с.
11. Кобрунов А.И., Варфоломеев В.А. Об одном методе е-эквивалентных перераспределений и его практическом использовании при интерпретации гравитационных полей // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1981. – **10**. – С. 25–44.
12. Страхов В.Н. Основные направления развития теории и методологии интерпретации геофизических данных на рубеже XXI столетия // Геофизика. – 1995. – № 3. – С. 9–18.
13. Страхов В.Н. Современное состояние и перспективы развития теории интерпретации гравитационных и магнитных аномалий // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Тр. Междунар. конф. – Воронеж, 1998. – С. 4–35.
14. Страхов В.Н. Что делать? О развитии гравиметрии и магнитометрии в России в начале XXI века // Геофизика. – 1999. – № 3. – С. 3–10.

15. Бойко Г.Е., Анিকেєв С.Г. Структура Карпатського поднадвига (по даним рішення обератной гравиметрической задачі) // Тектоника и нефтегазоносность поднадвиговых зон. – М.: Наука, 1990. – С. 53–61.
16. Анিকেєв С.Г., Бабюк С.Г. Густинна модель Ансаганської площі // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. Сер. Розвід. і промисл. геологія. – Ів.-Франківськ, 1994. – Вип. 31. – С. 50–60.
17. Фільштинський Л.Е., Біліченко В.Я., Анিকেєв С.Г. Вивчення складно побудованих середовищ із застосуванням високоточної гравиметрії (на прикладі Русько-Комарівського полігону) // Перспективи пошуків родовищ вуглеводів у нафтогазоносних регіонах України. Зб. наук. праць. – Львів: УкрДГРІ, 1995. – С. 41–51.
18. Кузьменко Э.Д., Анিকেєв С.Г., Керусов Э.Н., Мищенко Н.А. О прогнозной детализации сложнопостроенного разреза Игнатовского месторождения углеводородов по гравиметрическим материалам // Нафта і газ України. Зб. наук. праць (Матеріали 5-ї Міжнарод. конф. Нафта-Газ України-98", Полтава, 15–17 верес. 1998 р.). У 2 т. – Полтава, УНГА, 1998. – Т. 1. – С. 384–385.
19. Бойко Г.Ю., Лозиняк П.Ю., Заяць Х.Б., Анিকেєв С.Г., Петрашкевич М.Й., Колодій В.В., Гайванович О.П. Глибинна геологічна будова Карпатського регіону // Геологія і геохімія горючих копалин. – Львів, 2003. – № 2. – С. 52–62.
20. Анিকেєв С.Г., Бабюк С.Г., Степанюк В.П. Гравітаційне моделювання на Східно-Долинській площі // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2005. – С. 75–84.