

УДК 550.831 : 553.98

В. Омельченко, гол. геолог партії
Дніпропетровська геофізична експедиція "Дніпрогеофізика"
ДГП "Укргеофізика"
вул. Геофізична, 1, м. Дніпропетровськ, 49057, Україна
E-mail: dpge@ukr.net

П. Пігулевський, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: pigulev@ua.fm

Д. Дубров, асп.
E-mail: dmitrid1@gmail.com
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
пр. акад. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ГРАВІРОЗВІДКИ В КОМПЛЕКСІ ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВИВЧЕННІ СОЛЯНОКУПОЛЬНИХ СТРУКТУР ДДЗ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, с.н.с. І.М. Корчагіним)

У статті обґрунтовано доцільність використання гравірозвідки та шляхи підвищення її геологічної ефективності в комплексі геофізичних досліджень при вивченні структур соляного тектогенезу. Вивчення морфології соляних штоків та похованих соляних тіл, прогнозування приштокових нафтогазоперспективних об'єктів різного типу та структур облягання похованих соляних тіл завжди були актуальними задачами нафтогазової геології.

Викладені фізичні основи використання граві-, магніто- та електророзвідки з метою вивчення солянокупольних структур. Охарактеризовані різноманітні форми прояву в гравітаційному полі структур соляного тектогенезу на прикладі окремих соляних штоків і похованих соляних тіл (переважно це негативні аномалії високої або підвищеної інтенсивності ізометричної форми), відзначено формування ними як чітко виражених зон північно-західного, характерного для структур ДДЗ, простягання, так і протяжних лінеamentів субмеридіональної та північно-східної орієнтації, які зв'язуються із докембрійськими розломами фундаменту. Окреслені ділянки й зони Дніпровського грабену з різними формами прояву у гравітаційному полі солянокупольних структур, що обумовлено особливостями їх геологічної будови.

Наведені основні геологічні результати вивчення морфології крупного Чутівсько-Розпашнівсько-Белухівського та Андріївського соляних штоків, які розташовані в центральній частині Дніпровського грабену, на основі об'ємного геоустинного моделювання. Звернута увага, що в разі використання даних гравірозвідки можливо було б уникнути буріння пошукових свердловин, які не вийшли із штокової солі.

Пропонуються шляхи підвищення геологічної ефективності гравіметричних досліджень при вивченні структур соляного тектогенезу, до головних із яких відносяться: використання ефективних і технологічних програм при об'ємному геоустинному моделюванні, детальне вивчення геоустинного розрізу, проведення детальних зйомок М 1:10 000, комплексування із іншими геофізичними методами для побудови узгоджених моделей.

Ключові слова: гравірозвідка, Дніпровсько-Донецька западина, соляні структури.

Вступ. Солянокупольні структури посідають серед нафтогазоперспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) одне із чільних місць. Так, до приштокових блоків і похованих криптодіапірових структур приурочені відомі великі родовища вуглеводнів (ВВ) – Новоукраїнське, Чутівське, Новогригорівське, Перещепинське та інші. Тому виявлення і вивчення таких структур є одним із важливих напрямків нафтогазоперспективних досліджень. При підготовці до пошукового буріння перспективних об'єктів, приурочених до солянокупольних структур, із геофізичних методів використовується переважно сейморозвідка. Однак, в приштокових зонах, які характеризуються крутим заляганням шарів та інтенсивною порушеністю, сейморозвідка не працює, через втрату кореляції відбиттів. Тому пошукові свердловини часто закладаються в неоптимальних умовах або потрапляють в штокову сіль.

Ми вбачаємо якісно новий підхід при пошуках і вивченні цих об'єктів в комплексуванні різних геофізичних методів на сучасному рівні зі створенням узгодженої по всім фізичним полям геологічної моделі солянокупольної структури з прогнозом продуктивності виявлених нафтогазоперспективних об'єктів за специфічними геофізичними ознаками. Це дозволить проводити пошуково-розвідувальне буріння на більш надійній геофізичній основі і скоротити кількість свердловин, що не вийшли із штокової солі, а також непродуктивних.

За багаторічним досвідом роботи Дніпропетровської геофізичної експедиції (ДГЕ) "Дніпрогеофізика" в ДДЗ раціональний геофізичний комплекс для вивчення морфології соляних штоків і похованих тіл, виділення приштокових нафтогазоперспективних об'єктів та прогнозу їх продуктивності повинен включати три основні геофізичні методи:

- сейморозвідку МСГТ;

- електророзвідку в модифікаціях ЗС (ЧЗ-ВП) або МТЗ (КМТЗ);

- гравірозвідку (геоустинне об'ємне моделювання на основі зйомок М 1:25000).

При вивченні неглибоко залягаючих, особливо "безкозиркових" соляних штоків у комплекс доцільно включати магніторозвідку як додатковий метод. При цьому слід відзначити, що при польових площових або профільних гравімагнітних дослідженнях витрати на магніторозвідку складають 10% від загальної вартості робіт (70% – топороботи, 20% – гравірозвідка).

Фізичні основи методів. Всі запропоновані методи мають чітку фізичну основу для їх використання [4-6]. Так, велика різниця аномальної густини карбонатно-теригенних порід і кам'яної солі, яка досягає 0,50 г/см³, та значні розміри штоків створюють сприятливі умови для вивчення їх морфології з допомогою гравірозвідки. Однак, наявність значної кількості геоустинних границь в осадовій товщі та часто відсутність достовірних даних про їх морфологію і аномальну густину ускладнюють вирішення задачі без притягнення додаткової геолого-геофізичної інформації. Найбільш прийнятливим і достовірним в умовах ДДЗ, що свідчить з досвіду робіт по цій проблемі, є спосіб підбору геоустинної моделі середовища в тривимірному варіанті.

Зважаючи на складну форму штоків і необхідності виділення навіть дрібних деталей їх будови, геоустинне моделювання слід виконувати в масштабі 1:25000. Основою для нього, як свідчить досвід проведення таких робіт, повинно бути спостережене гравітаційне поле, отримане за даними зйомок не дрібніше масштабу 1:25000, при точності визначення аномалій Буге не нижче $\pm 0,06$ мГал. Для впевненого прогнозування будови приштокової підкозиркової зони, розділу гравітаційних ефектів від близькорозташованих

штоків, та в деяких інших випадках необхідно проведення високоточних ($\varepsilon \leq \pm 0,04$ мГал) зйомок м-бу 1:10000 по сітці спостережень не рідше 100x100 м.

Шток девонської солі проявляється в розрізі як значна геоелектрична неоднорідність. Опір сухої солі досягає 1000 і більше Ом·м. Різкий контраст фізичних властивостей соляного тіла і вмісних теригенних порід є передумовою використання електророзвідки для вивчення його морфології. Аналіз результатів електророзвідки свідчить про хорошу геологічну ефективність цього методу при вивченні будови соляних штоків. Електророзвідувальні дослідження методами ЗС (ЧЗ-ВГП) і МТЗ, а на ділянках з високим рівнем промислових завад в модифікації КМТЗ, доцільно проводити по окремих профілях, поєднаних із сейсмічними. Крок спостережень повинен бути не більшим 500–700 м, а в приштокових зонах 200–250 м. Використання сучасних електророзвідувальних станцій (ЛЕМАД-404; модульна станція SSMT та ін.) дозволяє реєструвати магнітотелуричне поле в широкому діапазоні частот, в тому числі і варіації з періодами 0,1–10 с, що дозволяє в сприятливих умовах вивчати геологічну будову і верхньої частини розрізу. Кількісна інтерпретація матеріалів електророзвідки дозволяє визначити контур соляного тіла на різних рівнях розрізу, глибини залягання приштокових припіднятих шарів, їх питомий опір та інші геоелектричні характеристики.

Магнітні властивості порід, що розвинуті в соляних діпаірах, змінюються в досить широких межах. Кам'яна сіль, яка складає 90–97% об'єму штоків, є діаманітні. Її магнітна сприйнятливості становить $2\text{--}10 \times 10^{-5}$ од. СІ. Теригенні породи девону, які часто присутні в тілах штоків, мають магнітну сприйнятливості $10\text{--}50 \times 10^{-5}$ од. СІ. Високі значення магнітних характеристик мають діабазы, базальти та інші ефузивні породи, що зустрічаються в товщі солі, брекчіях і кепроках соляних діпаірів (χ до десятків тисяч $\times 10^{-5}$ од. СІ). Магнітні властивості кепроків і брекчій визначаються, головним чином, вмістом магнітоактивних ефузивних порід, і залежать від типу цементу та гідротермальної обробки порід з привнесом феромагнітних мінералів. Таким чином, на ділянках розвитку неглибоко залягаючих соляних штоків до центральних частин соляних тіл будуть приурочені локальні магнітні мінімуми. До приштокових зон та кепроків, у разі якщо останні вміщують певну кількість уламків девонських ефузивів, будуть приурочені магнітні максимуми підвищеної інтенсивності. Але, зважаючи на невелику інтенсивність і розміри аномалій від відзначених об'єктів, для їх впевненого виявлення необхідно проведення високоточних детальних магнітних зйомок М 1:25 000–1:10 000.

Прояв структур соляного тектогенезу в гравітаційному полі. Значна кількість крупних позитивних структур Дніпровського грабену є криптодіапіровими (містять соляне ядро) або ж вони перфоровані девонською сіллю з утворенням соляних штоків. Певна кількість останніх розвинута і в межах прогинів та монокліналей, де вони контролюються крупними розломами різного рангу. В гравітаційному полі переважає більшість соляних штоків та похованих тіл виражена негативними, в більшості випадків високоінтенсивними різкоградієнтними аномаліями ізометричної форми, адже густина солі суттєво менша за густину вмісних карбонатно-теригенних порід. Прояв структур соляного тектогенезу у гравітаційному полі розглянемо на прикладі південно-східної частини Дніпровського грабену, де вони є інтенсивними і різноманітними.

Тут на ділянці від Солохівської до Волвенківської структур в гравітаційному полі за концентрацією харак-

терних негативних аномалій чітко виділяються три головні зони розвитку інтенсивного соляного тектогенезу (штоки, соляні лінзи з різним рівнем залягання солі). Це північна прибортова зона – від Качанівської структури до Валківської западини; центральна зона, яка протягується далеко як на захід, так і на схід за межі відзначеної ділянки; південна прибортова зона – від Сагайдацької до Богатойської структур. Чітко простежуються східні границі прибортових ділянок розвитку соляного тектогенезу. Для південної – це Оріхівсько-Павлоградська шовна зона УЩ, яка виражена в гравітаційному і магнітному полях зоною інтенсивних локальних максимумів субмеридіонального напрямку. Для північної – це східний борт Валківської западини, який контролюється крупним субмеридіональним розломом (Західно-Харківський). Далі на схід в межах північної прибортової зони соляний тектогенез розвинутий лише локально в межах Шевченківської западини.

Структури соляного тектогенезу в більшості випадків утворюють чітко виражені зони північно-західного і субширотного простягання. Особливо яскраво це проявлено в центральній зоні грабену, де вони утворюють відомі вали – Солохівсько-Диканський, Чутівсько-Олексіївський, Соснівсько-Біляївський. Також, крім зазначеного, соляні штоки і масиви вкладаються в досить чіткі зони субмеридіональної і північно-східної орієнтації, що іноді перетинають територію всього Дніпровського грабену. До найбільш крупних і чітко виражених можливо віднести такі тектонічні лінеamenti: східний борт Качанівської западини – Будищанський шток – Олешівський шток – Полтавський шток – Малоперещепинський шток – Ігнатівський соляний масив – Західно-Михайлівський соляний масив, Нововодолазький шток – Токарівський шток – Старовіровський шток – Ведмедівський шток – Сосновський шток – Кобзівський соляний масив – Мажарівський соляний масив – Південно-Перещепинський шток, Рябухінський шток – Парасковіївський шток – Західно-Єфреміївський шток – Павлівський шток – Орільський виступ. Ці лінеamenti простежуються і на бортах западини. Вони, безумовно, пов'язані з древніми розломами архейського закладення, які омолоджувались на етапах закладення і розвитку ДДЗ.

Інтенсивність гравітаційних мінімумів від штоків залежить в першу чергу від об'єму соляних мас і глибини залягання їх поверхні. Форма аномалії визначається формою соляного штоку. Безкозиркові соляні штоки з високим рівнем підйому солі (до 200–400 м), які ускладнюють будову крупних позитивних структур, проявлені в гравітаційному полі найбільш яскраво – різкоградієнтними високоінтенсивними мінімумами на фоні крупних інтенсивних максимумів від позитивних структур. Прикладом такого штоку може бути Біляївський, який ускладнює Біляївське підняття, розділяючи його на Західно- і Східно-Біляївське. Шток виражений інтенсивним різкоградієнтним ізометричної форми мінімумом (глибина залягання поверхні солі досягає в апікальній частині штоку вище -100 м), а задані підняття – локальними складно побудованими максимумами (рис. 1). Подібна форма прояву характерна для багатьох штоків східної частини грабену та Бахмутської улоговини, зокрема для Павлівського, Миронівського, Східно-Олексіївського, Степківського, Картамиського, Берецького, Новодмитрівського.

Соляні штоки, які мають суттєвих розмірів козирки ("шляпу"), як правило, відображені ізометричними мінімумами з максимальним градієнтом поля в центральній частині (де розвинута ніжка). В порівнянні з безкозирковими штоками ці аномалії мають значно більші розміри в плані. Найбільш широко козиркові штоки розви-

нуті в межах західних частин Чутівсько-Олексіївського і Соснівсько-Біляївського валів та Полтавської мульди

(Чутівсько-Розпашнівський, Ведмедівський, Єфремівський, Селещинський, Полтавський, Олєпирівський та ін.).

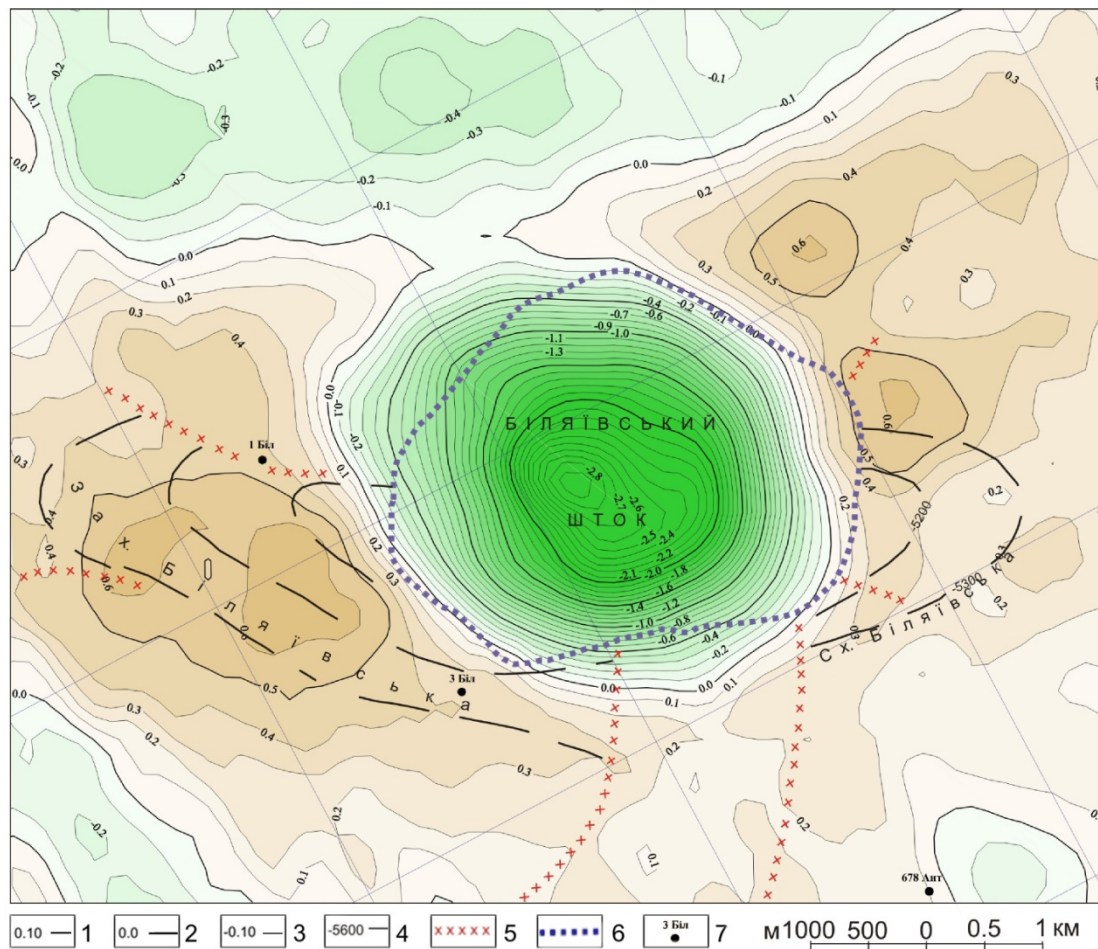


Рис. 1. Прояв у гравітаційному полі безкозиркових штоків з передтріасовим рівнем залягання солі, які перфорують крупні позитивні структури (на прикладі Біляївського штоку):

Ізолінії локальних аномалій гравітаційного поля за даними зйомок М 1:10 000 (у мГал): 1 – позитивні, 2 – нульова, 3 – негативні, 4 – ізогіпси відбивального горизонту V_{b2} (C_{2v}), 5 – розривні порушення за даними сейсмозвідки, 6 – контур Біляївського штоку на рівні відбивального горизонту V_{b2} (C_{2v}), 7 – свердловини глибокого буріння

Специфічний прояв в гравітаційному полі мають штоки з високим рівнем прориву солі (передчетвертинний, передпалеогеновий), в яких зазвичай розвинуті потужний кепрок або воронки вилюговування, заповнені теригенними відкладами. В цих випадках негативна аномалія від соляних мас ускладнена в центральній частині різкоградієнтним локальним максимумом, який обумовлений переважно тим, що на рівні крейдових відкладів густина останніх ($2,08\text{--}2,12\text{ г/см}^3$) менша, ніж густина штокової солі ($2,18\text{--}2,23\text{ г/см}^3$). Така форма аномалії характерна для штоків прибортових зон розвитку соляного тектогенезу, особливо північної – Синівський, Колонтаївський, Карайкозівський, Валківський штоки (рис. 2).

У південній прибортовій зоні грабену розвинуті безкозиркові штоки незначних розмірів з передчетвертинним рівнем залягання солі. В гравітаційному полі штоки такого типу відображені інтенсивними різкоградієнтними локальними максимумами невеликих розмірів ізометричної форми на фоні великих негативних аномалій від соляних лінз (подушок). Прикладом таких штоків є Оріховщинський, Солоницький, Заорський, Гасенківський, Лейківський.

Деякі штоки відображені в гравітаційному полі малоінтенсивними локальними мінімумами, зокрема, Бакейський, Будищанський, Рябухінський, Тимченківський та деякі інші. Це обумовлено незначними об'ємами соляних мас в цих об'єктах та компенсуючим впливом пози-

тивних структур на мезозойському рівні. Імовірно, що частина з них є "безкорневими" – канал, по якому рухались соляні маси, закрився внаслідок стискуючих тектонічних рухів.

Більш складно і різноманітно проявлені в гравітаційному полі соляні лінзи (масиви), що залягають в ядрах позитивних структур. Залежно від співвідношення об'єму соляних мас, глибини залягання їх поверхні та величини компенсуючого впливу перекриваючих антиклінальних структур, вони проявляються як позитивними, так і негативними, як правило, складнопобудованими аномаліями різної інтенсивності. Спостерігається певна закономірність в розташуванні таких структур з однотипною формою прояву. Так, крупні антиклінальні структури з соляними ядрами в центральній зоні грабену виражені, як правило, позитивними аномаліями, інтенсивність яких зменшена негативним ефектом від солі. Причому, ступінь зменшення інтенсивності цих позитивних аномалій нарощується в західному напрямку. Прикладом таких структур є Солохівська, Опішнянська, Матвіївська, Котелівсько-Березівська, Коломацька, Кочубеївська, Мар'янівська, Західно-Соснівська, Східно-Ведмедівська, Єфремівська антиклінали. Позитивна аномалія від крупного Шебелинського підняття ускладнена локальним мінімумом від соляної лінзи з передверхньосерпуківським рівнем залягання поверхні солі в ядрі структури.

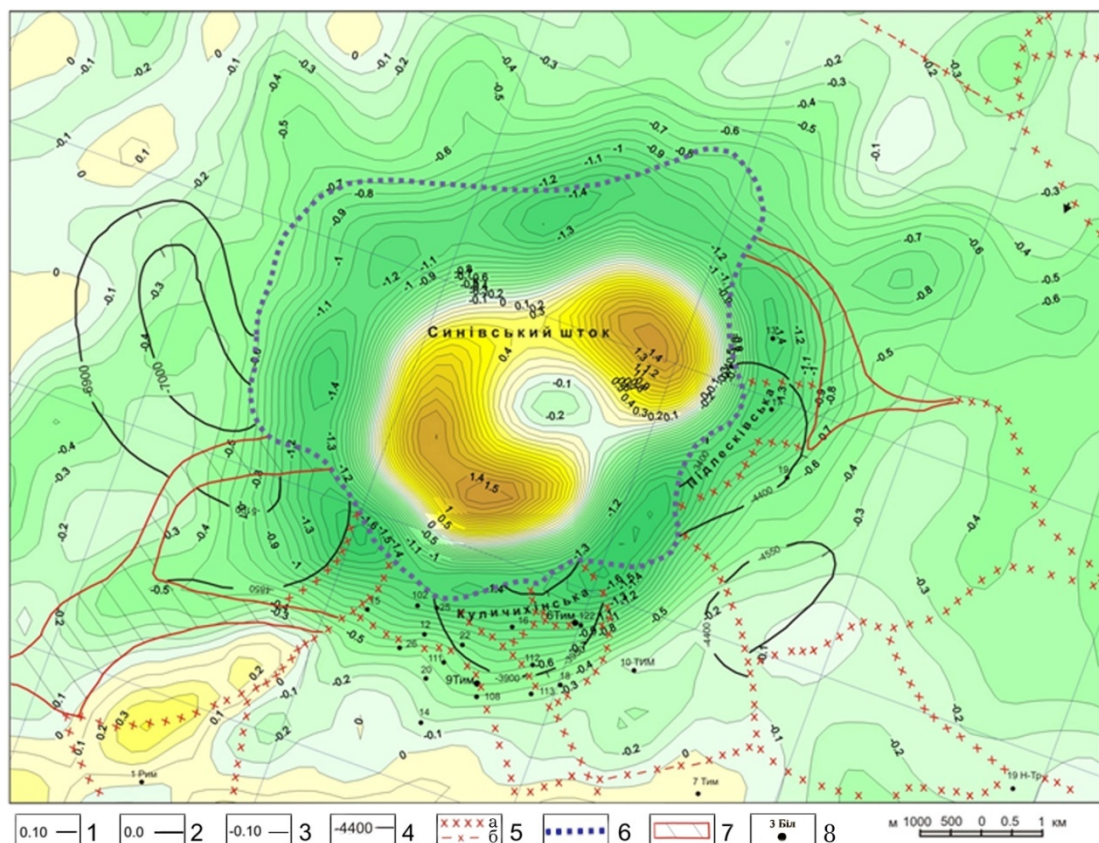


Рис. 2. Прояв у гравітаційному полі безкозиркових штоків з високим стратиграфічним рівнем залягання солі (передпалеогеновий, передчетвертинний) і потужним кепроком (на прикладі Синівського штоку):

Ізолінії локальних аномалій гравітаційного поля за даними зйомок М 1:10 000 (у мГал): 1 – позитивні, 2 – нульова, 3 – негативні, 4 – ізогіпси відбивального горизонту V_{B_2} (C_{1V_2}), 5 – розривні порушення за даними сейсморозвідки (а – впевнені, б – непевнені), 6 – контур Синівського штоку на рівні горизонту V_{B_2} (C_{1V_2}), 7 – зони загублення кореляції відбивального горизонту V_{B_2} , зв'язані з розривними порушеннями які, можливо, заповнені сіллю, 8 – свердловини глибокого буріння

У прибортових зонах розвитку соляного тектогенезу позитивні структури з соляними ядрами, як правило, відображені в гравітаційному полі негативними аномаліями значної інтенсивності. В північній прибортовій зоні це Качанівське, Рибальське, Сахалінське підняття та деякі інші структури переважно невеликих розмірів. У південній прибортовій зоні кількість таких структур значно більша. Це Сагайдакське, Новогригорівське, Ігнатівське, Західно-Михайлівське, Личківське, Перещепинське, Іллічівське та інші підняття.

У деяких випадках негативний гравітаційний ефект від соляних мас і позитивний ефект від антиклінального перегибу над соляною лінзою мають приблизно рівне значення. В такому разі, досить великі структури практично не проявлені в гравітаційному полі або над ними спостерігаються малоінтенсивні нечітково виражені аномалії різного знаку. Найбільш яскравими прикладами таких структур є крупні Більське і Кобзівське підняття.

Приштокові нафтогазоперспективні об'єкти, до яких в першу чергу відносяться антикліналі, перфоровані штоками, та припідняті блоки (задири) з крутим заляганням порід, в гравітаційному полі відображаються локальними позитивними аномаліями різної інтенсивності. Приштокові припідняті блоки (задири) не завжди чітко простежуються в гравітаційному полі, через те, що позитивний ефект від них подавлений інтенсивним негативним впливом штокової солі. Тут важливе значення мають розміри блоку, його стратиграфічна амплітуда і глибина залягання, наявність соляного козирка і його потужність. Тільки деякі припідняті блоки значних розмірів і амплітуди яскраво проявлені в спостереженому полі. Прикладом може бути Новоукраїнська площа, де однойменне родовище ВВ приурочене до крупнопотужного задиру (під козирок Розпашнівського штоку виведені серпуківські відклади) з крутопадаючим заляганням порід. Цей заDIR проявлений в гравітаційному полі вузькою смугою локальних максимумів суттєвої інтенсивності на фоні негативної аномалії від штоку. Причому, інтенсивність максимумів, як і амплітуда задиру, зменшуються в південно-східному напрямку.

Теригенні блоки в тілах соляних штоків при суттєвих розмірах також проявляються в гравітаційному полі позитивними аномаліями на фоні більших крупних мінімумів від штоків (наприклад, відомий Ситниківський блок у Колонтаївському штоці). Деякі крупні соляні штоки, зокрема Хрестинський, Ведмедівський, ускладнені розривними порушеннями з амплітудою зміщення на рівні поверхні штокової солі до 500 м і більше. До таких тектонічних елементів приурочено сполучення лінійних інтенсивних аномалій (максимум+мінімум), які спотворюють негативну аномалію від штоку.

Ступінь прояву в гравітаційному полі окремих тектонічних елементів структур соляного тектогенезу, особливо невеликих розмірів і амплітуди, залежить також і від детальності і точності виконаної зйомки [4, 6].

Деякі результати вивчення соляних структур. При вивченні морфології соляних тіл за даними гравірозвідки найбільш прийнятним і геологічно ефективним в умовах ДДЗ, як відзначалось вище, є спосіб підбору густинної моделі середовища в тривимірному варіанті. Надійність і достовірність одержаної при цьому густинної геологічної моделі залежить від ступеня вивченості геогустинного розрізу, точності визначення аномалій Буге, точності підбору, якості і кількості вихідних, у першу чергу, сейсмічних і геологічних даних. Модельні розрахунки і зіставлення результатів геогустинного моделювання, викона-

ного ще в 70-х роках з використанням програмного забезпечення того часу, з послідовними даними буріння (на прикладі Хрещищенського штоку) дозволяють оцінити точність визначення субвертикальних границь соляних тіл з вмісними породами на глибинах 2–4 км від ± 100 м до ± 250 м. Точність визначення глибини залягання субгоризонтальних (похилих) границь (підшва, поверхня соляних мас) складала для глибини 2–3 км – ± 225 м; 3–4 км – ± 500 м; 4–5 км – ± 700 м.

Результати об'ємного геогустинного моделювання по деяких соляних структурах вказують на наявність значного числа перспективних в нафтогазоносному відношенні приштокових та міжштокових об'єктів, значно рідше – запечатаних в тілах штоків теригенних блоків. Так, наприклад, у підкозирковій частині крупного Чутівсько-Розпашнівсько-Белухівського штоку на рівні відкладів C_3-C_2m виділяються ніжки (канали руху соляних мас) чотирьох штоків – Чутівського, Північно-Розпашнівського, Південно-Розпашнівського і Белухівського (останні складають єдине соляне тіло). Вони витягнуті, головним чином, в субширотному напрямку і, найімовірніше, являють собою порожнини розломів, по яких закладався Чутівсько-Розпашнівсько-Белухівський шток. Між ними прогноуються два вузькі (1,5–2,0 км) теригенні блоки, поверхня яких в центральній частині штоку залягає на глибині 4–6 км (що доступно для буріння). В разі підтвердження наявності цих блоків, вони могли би бути високоперспективними об'єктами в нафтогазоносному відношенні. Про можливу присутність в тілі Чутівсько-Розпашнівсько-Белухівського штоку запечатаних теригенних блоків свідчать і дані електро- та сейсморозвідки. Так, у районі Розпашнівської площі виділена зона наявності відбивальних площадок, яка в певній мірі корелює з теригенним міжштоковим блоком, виділеним за даними гравірозвідки.

При інтерпретації матеріалів гравіметричної зйомки масштабу 1:50 000 для вивчення морфології Андріївського штоку ще в 1981 р. проведено геогустинне моделювання в об'ємному варіанті. Воно виконувалось по такій схемі. На першому етапі був розрахований в площовому варіанті гравітаційний ефект від верхніх геогустинних границь, які розташовані в мезозойських відкла-

дах і приурочені до відбивальних горизонтів Іб (покривля K_2st), ІІб (підшва I_{3ox}) і ІVб (підшва Т). Розрахунок прямого гравітаційного ефекту від цих границь проводився по програмі "DIP" у вузлах квадратної сітки 800×800 м з наступною інтерполяцією до сітки 400×400 м. На другому етапі був розрахований прямий ефект від близькорозташованих гравіактивних тіл – Малоперещепинського, Старосанжарського, Новосанжарського та інших соляних штоків з використанням програми "PIRAMIDA". Ці ефекти були виключені із спостереженого гравітаційного поля. Підбір форми Андріївського штоку проводився по програмі "PIRAMIDA" на ПЕВМ по різнищевому полю. Критерієм закінчення підбору слугувала гладкість залишкового поля.

За даними моделювання Андріївський соляний шток представляє собою стовпоподібне соляне тіло, яке має в плані еліпсоподібну форму і характеризується північно-західним простяганням. Поверхня солі залягає на глибинах 1700–1900 м. У верхній частині штоку розвинута неглибока воронка вилуговування, що привело до збільшення потужності тріасових відкладів. Прогноується наявність досить потужного кепроку (до 200 м). Ніжка штоку на рівні глибин 4–6 км має форму еліпса розміром $3,5 \times 2,5$ км. Шток характеризується асиметричною будовою. В північно-західній частині на рівні середнього і, частково, нижнього карбону розвинутий досить потужний карниз, який має розміри $2,5 \times 2,0$ км. З глибини 6–7 км (рівень відкладів $C_1v_1-C_1t$) прогноується наявність соляної лінзи, з якої і відбувся прорив солі, очевидно, по розлому північно-західної орієнтації, з утворенням Андріївського штоку.

У 1986 р. сейсморозвідкою МСГТ у тілі Андріївського штоку виявлений серединний теригенний блок, в межах якого на рівні відбивального горизонту $V_{b1}(C_1s)$ виділено Західно-Розумівське підняття. В 1992–1993 рр. у його апікальній частині пробурена пошукова свердловина Західно-Розумівська-9. На глибині 1692 м вона розкрила штокову сіль і при вибої 4610 м із неї не вийшла. Таким чином, вона не підтвердила сейсмічні побудови по наявності серединного теригенного блоку в тілі Андріївського штоку. Матеріали ж інших геофізичних методів, зокрема гравірозвідки, при закладенні св. 9 враховані не були (рис. 3).

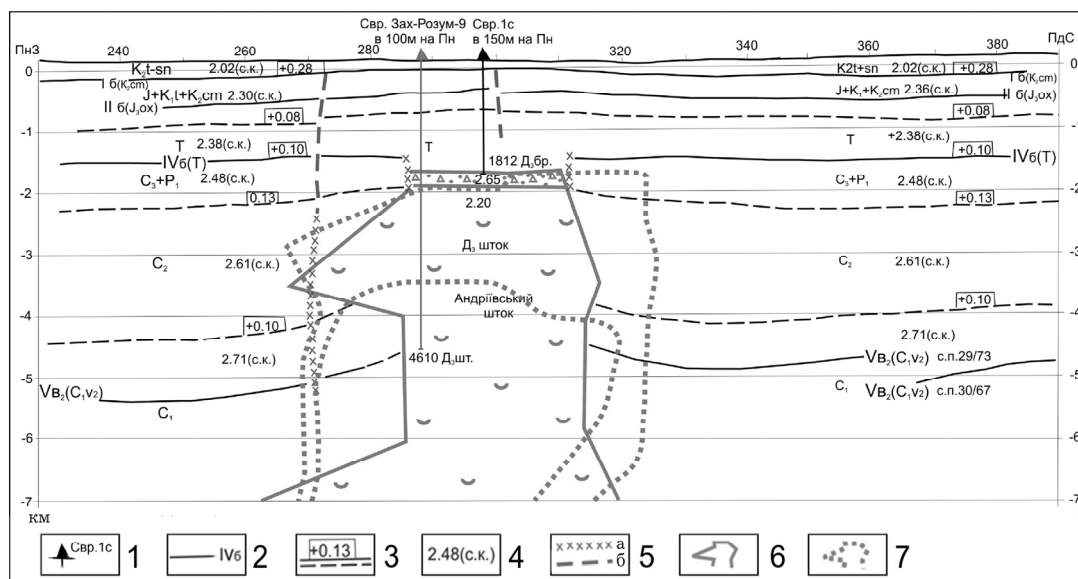


Рис. 3. Геогустинна модель Андріївського штоку по профілю І (19242986):

- 1 – свердловини, в тому числі, пробурені після виконання робіт, 2 – відбивальні горизонти, 3 – відбивальні горизонти або стратиграфічні границі, до яких приурочені геогустинні границі, та ефективна густина на них, у $г/см^3$,
- 4 – середньозважена густина стратиграфічних комплексів, у $г/см^3$ (с.к. – за даними перерахування середньоінтервальних швидкостей сейсмічних хвиль у густину), 5 – розривні порушення (а – за даними сейсморозвідки, б – за геологічними даними),
- 6 – модель штоку за даними геогустинного моделювання, 7 – модель штоку за даними сейсморозвідки

Висновки. Досвід робіт при використанні гравірозвідки для вивчення структур соляного тектогенезу (соляні штоки, поховані тіла) з пошуковими цілями свідчить, що найбільш ефективним способом інтерпретації є підбір геогустинної моделі середовища в тривимірному варіанті в М 1:25000–1:50000. При цьому вихідне гравітаційне поле бажано мати на основі зйомок М 1:25000 і крупніше. Огляд фондових і опублікованих джерел показує, що спеціальні роботи, направлені на детальне вивчення морфології соляних штоків на основі об'ємного геогустинного моделювання, з 1990 року в ДДЗ не виконуються. В державних геофізичних підприємствах сьогодні відсутнє технологічне ефективне програмне забезпечення для об'ємного геогустинного моделювання соляних структур і комплексування гравірозвідки з іншими геофізичними методами, в першу чергу з сейсмо- та електророзвідкою.

На теперішній час є програмні комплекси автоматизованої інтерпретації даних: для потенціальних полів (GMT-Auto), призначеного для розв'язання прямих задач гравіметрії, магнітометрії і геотермії для тривимірних неоднорідних шарів з візуалізацією тривимірних геофізичних моделей та їх полів [1]; для визначення оптимальних геогустинних параметрів просторових інтегральних геолого-геофізичних моделей глибинної будови за результатами кількісного узгодження цих параметрів з спостереженими геофізичними полями і апріорними геолого-геофізичними даними (GCIS) шляхом розв'язання просторових обернених задач [2].

Для підвищення геологічної ефективності гравімагнітних досліджень при вивченні структур соляного тектогенезу з пошуковими цілями головні зусилля необхідні зосередити на таких напрямках [3-6]:

1. Використання (впровадження у виробництво) сучасних ефективних, апробованих в умовах ДДЗ, технологій і програмного забезпечення для геогустинного моделювання (підбору геогустинної моделі середовища) в три- і двовимірному варіантах – як найбільш ефективного способу кількісної інтерпретації гравіметричних даних.
2. Детальне вивчення геогустинного розрізу як на основі узагальнення лабораторних визначень по зразках із керну, так і на основі перерахунків даних ГДС і сейсмокаротажу в щільність та щільнісного каротажу.
3. Проведення детальних гравімагнітних зйомок М 1:10 000 з точністю не нижче $\pm 0,06$ мГал і $\pm 3,0$ нТл, відповідно, в поєднанні з високоточними профільними дослідженнями (крок 50 м).

4. Комплексування з іншими геофізичними методами (базові – сейсмо-, електро- і гравірозвідка) в рамках єдиних проектів і побудова узгоджених за всіма фізичними полями геологічних моделей соляних структур.

Список використаних джерел

1. Комплекс программ автоматизированной интерпретации данных потенциальных полей (GMT-Auto) / В. И. Старостенко, О. В. Легостаева, И. Б. Макаренко, А. С. Савченко. // Геофизический журнал. – 2015. – № 31, Т. 37. – С. 42–52.
2. Методика и технологии эволюционного комплексного анализа геолого-геофизической информации / [А. И. Кобрунов, А. П. Петровский, Л. З. Аминов та ін.] // Актуальные научно-технические проблемы развития геолого-геофизических и поисковых работ на нефть и газ в Республике Коми: монография / [А. И. Кобрунов, А. П. Петровский, Л. З. Аминов та ін.]. – Ухта: КРО РАЕН, 2002. – С. 167.
3. Пигулевский П. И. Использование гравиразведки и магниторазведки при изучении соляных и рифогенных структур Днепровско-Донецкой впадины / П. И. Пигулевский, Л. П. Никиташ. // Литосфера. – 2014. – № 1(40). – С. 83–87.
4. Роль потенціальних полів при дослідженнях на нафту та газ в Дніпровсько-Донецької западині / С. В. Гошовський, В. В. Омельченко, П. Г. Пигулевський, В. Г. Шемет. // Сборник научных трудов по геоинформатике. – 2005. – № 12. – С. 57–62.
5. Свистун В. К. Шляхи підвищення геолого-економічної ефективності гравімагніто-електророзвідувальних досліджень на нафту та газ / В. К. Свистун, В. В. Омельченко, Т. В. Герасименко // Тези доповідей науково-практичної конференції "Нафтогазова геофізика – стан та перспективи", 25–29 травня 2009 р., м. Івано-Франківськ / В. К. Свистун, В. В. Омельченко, Т. В. Герасименко. – Івано-Франківськ, 2009. – С. 243–246.
6. Pigulevskiy P. On the role of potential field with oil and gas research in the Dnieper-Donetsk Depression (DDD) / P. Pigulevskiy, L. Nikitash, A. Stovas // Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology. – 2013. – № 4(63). – С. 25–29.

References

1. Starostenko, V.I., Legostaeva, O.V., Makarenko, I.B., Savchenko, A.S. (2015). Software package for computer-aided potential field data interpretation (GMT-Auto). *Geophysical journal*, 31(37), 42-52. [in Russian].
2. Kobrunov, A.I., Petrovskiy, A.P., Aminov, L.Z., Moiseenkova, S.V., Shilova, S.V. (2002). Methods and technology of integrated evolutionary analysis of geological and geophysical data. In *Relevant scientific and technical problems of geological and geophysical oil and gas researches development in Komi Republic: the monography*. (Vol. 3.) Ukhta: KRO RAEN. [in Russian].
3. Pigulevskiy, P.I., Nikitash, L.P. (2014). The usage of gravitational and magnetical prospecting during salt and reef structures exploration in Dnieper-Donetsk Depression. *Litosfera*, 1(40), 83-87. [in Russian].
4. Goshovskiy, S.V., Omelchenko, V.V., Pigulevskiy, P.G., Shemet, V.G. (2005). The role of potential fields for oil and gas prospecting in Dniepr-Donets Depression. *Collected works on geoinformatics*, 12, 57-62. [in Ukrainian].
5. Svistun, V.K., Omelchenko, V.V., Gerasimenko, T.V. (2009). Waysof geological and economical effectiveness improvement of gravitational and electrical prospecting for oil and gas. *Oil and gas geophysics – condition and outlooks: Abstracts of papers, Ivano-Frankivsk, May 25-29, 2009*. (pp. 243–246). Ivano-Frankivsk. [in Ukrainian].
6. Pigulevskiy, P., Nikitash, L., Stovas, A. (2013). On the role of potential field with oil and gas research in the Dnieper-Donetsk Depression (DDD). *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 4(63), 25-29.

Надійшла до редколегії 12.05.15

V. Omelchenko, Chief Geologist
Dnepropetrovsk geophysical expedition "Dneprogeofizika"
1 Geofizicheskaya Str., Dnipropetrovsk, 49054 Ukraine
E-mail: dpge@ukr.net

P. Pigulevskiy, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher
E-mail: pigulev@ua.fm

D. Dubrov, Postgraduate Student
Subbotin Institute of Geophysics
National Academy of Sciences of Ukraine
32 Palladina Ave., Kyiv, 03680 Ukraine
E-mail: dmitrid1@gmail.com

APPLICATION OF GRAVITATIONAL PROSPECTING IN INTEGRATED COMPLEX GEOPHYSICAL METHODS FOR STUDYING SALT-DOME STRUCTURES OF DNEIPER-DONETS DEPRESSION

This paper discusses feasibility of gravity survey and ways to improve its geological effectiveness in integrated complex of geophysical investigations for studying salt-dome structures. Study of morphology of salt diapirs and buried salt structures, prediction of oil and gas potential in structural traps related to them are problems of great importance.

Physical basis of application of gravitational, magnetical, electrical prospecting for studying salt-dome structures are explained. Different forms of salt structures exposed in gravitational field are described by the examples of certain cases (mainly negative isometric anomalies of high and heightened intensity). Authors also marked a significant trend of structures to form groups, which are extended in north-west direction typical for Dnieper-Donets Depression (DDD), and also form lengthy lineaments of sub-meridional and north-east orientation, which are explained as their relation to ancient faults in Precambrian basement.

Main geological results obtained for morphology large Chutovsko-Rospashnovsko-Belouchovsky and Andreevsky salt diapirs, located in the central part of Dniepr graben, are based on volumetric density modeling. Authors would like to note that if gravitational method be used during the exploration process, it might be possible to avoid erroneous prospecting boreholes that have gone out of stock sal.

The ways for improvement of gravimetrical exploration at studyin salt tectogenesis are suggested. Among the main ways are application of effective technological programs for volumetric density modeling, detailed studying of density profiles, realization of high-precision large scale survey mapping (1:10 000) and integration with other geophysical methods for coherent models construction.

Keywords: gravimetric survey, Dnieper-Donets Depression, salt-dome structures.

В. Омельченко, главный геолог партии
Днепропетровская геофизическая экспедиция "Днепрогеофизика"
ул. Геофизическая, 1, г. Днепропетровск, 49054, Украина
E-mail: dpge@ukr.net

П. Пигулевский, д-р геол. наук, ст. науч. сотрудник
Институт геофизики НАН Украины
ул. Геофизическая, 1, г. Днепропетровск, 49054, Украина
E-mail: pigulev@ua.fm

Д. Дубров, асп.
dmitrid1@gmail.com,
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины
пр. Акад. Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАВИРАЗВЕДКИ В КОМПЛЕКСЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СОЛЯНОКУПОЛЬНЫХ СТРУКТУР ДДВ

В статье приведено обоснование целесообразности использования гравirazведки и путей повышения ее геологической эффективности в комплексе геофизических исследований при изучении структур соляного тектогенеза. Изучение морфологии соляных штоков и захороненных соляных тел, прогнозирование приштоковых нефтегазоперспективных объектов разного типа и структур облекания захороненных соляных тел является очень актуальной задачей нефтегазовой геологии.

Изложены физические основы использования грави-, магнито- и электроразведки с целью изучения солянокупольных структур. Охарактеризованы разные формы проявления в гравитационном поле структур соляного тектогенеза на примере отдельных соляных штоков и захороненных соляных тел (преимущественно это негативные аномалии высокой или повышенной интенсивности изометрической формы), отмечено формирования ими как четко выраженных зон северо-западного, характерного для структур ДДЗ, простирания, так и протяжных линейментов субмеридиональной и северо-восточной ориентировки, которые связываются с докембрийскими разломами фундамента. Выделены участки и зоны Днепровского грабена с разными формами проявления в гравитационном поле солянокупольных структур, которые обусловлены особенностями их геологического строения.

Приведены основные геологические результаты изучения морфологии крупного Чутовско-Розпашновско-Белуховского и Андреевского соляных штоков, которые расположены в центральной части Днепровского грабена, на основе объемного геоплотностного моделирования. Отмечено, что в случае использования данных гравirazведки можно было бы избежать бурения поисковых буровых скважин, которые не вышли из штоковой соли.

Предлагаются пути повышения геологической эффективности гравиметрических исследований при изучении структур соляного тектогенеза. К главным из них относятся: использование эффективных технологичных программ для объемного геоплотностного моделирования, детальное изучение геоплотностного разреза, проведение высокоточных съемок масштаба 1:10 000, комплексирование с другими геофизическими методами с целью построения согласованных моделей.

Ключевые слова: гравirazведка, Днепровско-Донецкая впадина, соляные структуры.