

УДК 550.8.053

О. Дзюба, асп.

E-mail: geoinformatic@ukr.net;

К. Нікітченко, асп.

E-mail: kostyanikitchenko@gmail.com;

Ю. Зеленко, асп.

E-mail: zelenko.yuri@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна

ВИЯВЛЕННЯ СЛАБКИХ АНОМАЛІЙ ГЕОФІЗИЧНИХ ПОЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ СТАТИСТИЧНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Мета. Виявлення слабких аномалій та локалізації аномальних об'єктів північно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини на основі методів статистичної фільтрації та кореляційного аналізу. Дослідження факторів соляного тектогенезу геологічного середовища, що неоднозначно впливають на процес інтерпретації геофізичних полів.

Методика. Застосування алгоритмів адаптивної фільтрації для підвищення рівня якості отриманої корисної інформації із спостережених геофізичних полів. Вивчення основних проблем тектонічного районування регіону та пошуку вуглеводнів, пов'язаних з відсутністю апріорної інформації за гравіметричними даними.

Результати. Охарактеризовано основні етапи розвитку та застосування ймовірно-статистичних методів для обробки даних геофізичних полів. Проведений аналіз методик та алгоритмів для вирішення задач локалізації аномальних об'єктів на основі ймовірно-статистичних методів. Проаналізовано основні ймовірно-статистичні методи виявлення та оцінки сигналів (аномалій). Обґрунтовано доцільність розрахунку статистичних та фізичних характеристик (атрибутів) з метою вирішення низки задач тектонічного районування та оцінки структурно-тектонічних елементів. Описано методику роботи адаптивного фільтру як у одновимірному, так і у двовимірному випадках, що базується на оцінці автокореляційної функції вхідного сигналу. Проведено фільтрацію гравітаційного поля північно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини. Підтверджено високу адаптивність енергетичного фільтру в умовах складного і різноманітного прояву соляного тектогенезу.

Наукова новизна. Вперше застосовано адаптивний фільтр для аналізу гравіметричних даних північно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини. При цьому визначені області екстремальних значень. Їх виділення дозволяє більш ефективно вирішувати актуальну задачу тектонічного районування територій на стаціонарні області. Екстремальні значення статистичних атрибутів контролюють області порушення статистичної нестационарності геополів, які в свою чергу приурочені до геологічних границь або тектонічних зон.

Практичне значення. За результатами адаптивної фільтрації виділено регіональну та локальну складові гравітаційного поля. Це створює суттєвий потенціал підвищення корисного виходу з інформації, яку несуть спостережені фізичні поля. Аналіз результатів показує, що даний тип фільтру є досить ефективним при застосуванні його до гравіметричних даних, аномальні ефекти яких переважно викликані наявністю солених структур різного типу. Необхідно відзначити, що отримати результати такої ж якості за допомогою звичайної фільтрації досить складно, оскільки форма аномалій переважно ізометрична, а простягання мінливо змінюється по площі. Параметри адаптивного фільтру дають можливість локалізувати аномальні ефекти від геологічних тіл та виділити на фоні завад менш енергетичні аномалії. Вирішення таких завдань можна застосувати у задачах районування та пошуку вуглеводнів.

Ключові слова: статистична фільтрація, геофізичне поле, ймовірно-статистичні методи, локальна аномалія, адаптивний фільтр, базове вікно, автокореляційна функція, соляні структури, інтерпретація даних.

Постановка проблеми. У зв'язку з природним скороченням фонду родовищ корисних копалин, особливо в економічно розвинених районах, виникає необхідність збільшення запасів вуглеводневої сировини і підвищення ефективності робіт, пов'язаних з розробкою родовищ корисних копалин. Результат геофізичних робіт значною мірою залежить від повноти отриманої інформації під час проведення польових спостережень та створення моделей ефективних параметрів. При цьому, слід враховувати чимало факторів, що впливають на процес інтерпретації геофізичних даних, які не завжди вдається однозначно трактувати через неоднорідність та складність геологічної будови середовища.

На ранніх етапах моделювання родовищ корисних копалин виникає чимало проблем, пов'язаних з відсутністю апріорної інформації. У зв'язку з пошуками об'єктів, що залягають на значних глибинах, а також об'єктів, аномальні ефекти яких ускладнені завадами різної природи, в розвідувальній геофізиці набуває все більшого значення питання виявлення слабких сигналів (аномалій). Це, насамперед, стосується слабконтрастних за фізичними властивостями об'єктів та малорозмірних покладів вуглеводнів, сигнали від яких за амплітудою близькі до рівня завад або нижчі цього рівня. В таких умовах їх достовірне візуальне виявлення значною мірою ускладнене [7].

Збільшення глибини й роздільної здатності геофізичних методів робить актуальною задачу виділення сигналу на фоні завад, які можуть бути обумовлені апаратними і методичними похибками, неоднорідністю

ми верхньої частини розрізу, випадковими варіаціями фізичних полів. Особливо сильно це проявляється при слабкій диференціації фізичних властивостей об'єктів і вміщуючих порід або при значній глибинності досліджень і малих розмірах геологічних тіл.

Аналіз останніх досліджень. Задачам виділення аномалій традиційно приділяється значна увага при проведенні геофізичних зйомок в складно побудованих нафтогазових і рудоносних провінціях, де спостерігаються фізичні аномальні поля з різкою зміною фізичних властивостей гірських порід в межах відносно невеликих ділянок. Для обробки даних раніше застосовувалися виключно детерміновані методи із використанням аналітичних способів на основі теорії потенціалу (гравірозвідка, магніторозвідка), рівняння Максвелла (електророзвідка на змінному струмі), теорії пружності (сейсморозвідка). При детермінованому підході вирішення задачі визначається системою вихідних значень геофізичного поля. В такому випадку нехтують стохастичними спотвореннями вихідної інформації. Ряд науковців (Б.А. Андреев, А.Г. Тархов, А.Н. Тихонов та ін.), розуміючи необхідність врахування завад, застосовували достатньо прості методи для їх нівелювання, такі як осереднення та інтегральні методи інтерпретації.

Роботи Ф.М. Гольцмана, А.Г. Тархова, Т.А. Христини [1, 11-13], поклали початок принципово новому підходу щодо обробки геофізичних даних, заснованому на застосуванні моделі випадкової функції. Він полягає в тому, що отримані в окремих точках значення поля розглядалися як спостереження випадкових полів [8].

У 1963 р. розпочався процес впровадження аналогових пристроїв та ЕОМ в практику геофізичних робіт. Ряд вчених поряд з функціонально-аналітичним напрямком використовували ймовірно-статистичні методи обробки та інтерпретації геофізичних даних в сейсморозвідці (Ф.М. Гольцман, Е.А. Козлов, С.А. Гольдін, С.А. Кац, Е.Л. Робінсон, С.В. Трейтел), а згодом в методах структурної та рудної геофізики (О.А. Демидович, А.А. Нікітін, Г.І. Каратаєв, Н.Н. Бровко, В.І. Аронов) [4, 6-9].

При вирішенні задач виділення сигналу на фоні завади переважно використовувалася адитивна модель поля. Сигнал може бути детермінованим, тобто описується функцією певного виду, або випадковим з певними статистичними характеристиками. Завада являє собою випадкову функцію. При гіпотезі стаціонарності завади, зазвичай, використовують лінійні фільтри. Зміна властивостей завади в часі або просторі призводить до необхідності застосування нелінійних фільтрів. У випадку, коли сигнал описується у вигляді детермінованої функції, а завада – у вигляді випадкового поля, широко застосовують метод найменших квадратів [10].

Встановлення самого факту наявності чи відсутності сигналу є окремою задачею. Виходять з того, що фільтрація повинна забезпечити максимальне відношення сигнал/завада навіть при істотному спотворенні форми сигналу. Така постановка задачі призводить до синтезу фільтру, оптимального за критерієм максимуму пікового відношення сигнал/завада.

Обмеженість апіорної інформації обумовила використання при обробці геофізичних даних суттєво складнішого апарату – нелінійної фільтрації [3]. З методом максимуму відношення сигнал/завада пов'язані самоналаштовувані процедури фільтрації [5] (термін введений професором А.А. Нікітиним). Застосування комплексу даних, одержаних кількома геофізичними методами, сприяє більш достовірному виділенню аномалій на фоні завад.

Визначним фактором при обробці комплексних геофізичних полів, як і в методах виділення сигналів, є повнота і достовірність апіорної інформації щодо розвідувальних об'єктів. Статистичні методи обробки геофізичних спостережень дозволяють отримати інформацію на основі даних в умовах, коли інтенсивність аномалій може бути співставлена з рівнем завад. Однак, ефективність статистичних методів залежить від наявності апіорної інформації відносно досліджуваних об'єктів чи зв'язаних з ними аномалій. Як правило, такої інформації недостатньо для вирішення геологічних задач, тому з'являється фактор апіорної невизначеності, що залишається актуальним в статистичній теорії інтерпретації геофізичних полів.

Методика та результати дослідження. В пошуковій геофізиці при обробці даних геофізичних полів особлива увага приділяється виявленню слабких аномалій. Під слабкою аномалією слід розуміти сигнал, який за амплітудою можна порівняти з рівнем завади або нижчий цього рівня і, тому, його достовірне візуальне виявлення практично неможливе. Серед методів виявлення слабких аномалій найбільш широко використовуються алгоритми, побудовані на умовах прийняття статистичних рішень і перевірці статистичних гіпотез. Незважаючи на високу ступінь формалізації даного напрямку обробки геофізичних даних, його практична реалізація зустрічає істотні труднощі, які в першу чергу пов'язані з невідповідністю прийнятої математичної моделі реальним геолого-геофізичним процесам. В обчислювальних процедурах оптимальним чином повинні враховуватися умови коректного застосування теоретичних результатів, отриманих з позицій теорії випадкових безперервних функцій і лінійної оптимальної фільтрації, для аналізу кінцевої, дискретної геоінформації [2].

Першочерговим етапом на шляху пошуку слабких аномалій є процес моделювання геофізичного поля та його подальшої фільтрації. Таким чином, вирішуються завдання розкладання геофізичних полів на складові, відновлення аномалій, ускладнених завадами та виявлення слабконтрастних аномалій. Алгоритм одновимірного лінійного оптимального фільтру зводиться до наступного:

- за профільними значеннями геофізичного поля проводиться оцінка автокореляційної функції;
- вибирається розмір вікна фільтрації за значенням показника радіусу кореляції;
- розраховуються вагові коефіцієнти конкретного оптимального фільтру на основі інформації про кореляційні властивості корисного сигналу і завади;
- в ковзаючому вікні фіксованого розміру розраховуються значення поля разом із ваговими коефіцієнтами.

Основні характеристики одновимірного фільтру, його довжина і вагові коефіцієнти розраховуються одноразово для всього профілю спостережень. Оцінки параметрів сигналу і завади, отримані за вихідними даними для нестационарних полів не є достовірними і, відповідно, вагові коефіцієнти лінійного фільтра, обчислені на їх основі, не будуть актуальними для конкретного критерію оптимальності. Слід зауважити, що структура автокореляційної функції, розрахована вздовж профілю спостережень, відображає кореляційні характеристики найбільш енергоємних аномалій. Відповідно, в результаті енергетичної фільтрації, що базується на оцінці автокореляційної функції вхідного сигналу при некорельованій заваді, оптимальним чином будуть оцінені параметри саме цих аномалій. Для оцінки параметрів менш енергетичних аномалій, тобто аномалій з іншими спектрально-кореляційними характеристиками, необхідна повторна фільтрація локального (залишкового поля), за яке приймається різниця між вихідним полем і результатом першої фільтрації.

Тому виникає необхідність у використанні енергетичного фільтру, що автоматично реагує на зміну спектрально-кореляційних характеристик вздовж профілю безпосередньо під час фільтрації і дозволяє оцінити форму аномалії, не повертаючись до повторної фільтрації локального поля. Процес адаптивної фільтрації вимагає постійного визначення розмірності базового вікна, параметри якого не повинні бути меншими найбільш протяжних аномалій. За точками, що попадають в базове вікно, оцінюють кореляційні характеристики поля в околі кожної точки.

В якості прикладу розглянемо гравітаційне поле північно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини, ускладнене діапировими структурами соляного тектогенезу (рис. 1). В гравітаційному полі переважна кількість структур виражена від'ємними, в більшості випадків високоінтенсивними, різноградієнтними аномаліями ізометричної форми, оскільки густина солі істотно менша густини вміщуючих карбонатно-теригенних порід. Складніше проявлені криптодіапирові структури, в ядрах яких залягають соляні лінзи. В залежності від співвідношення об'єму соляних мас, глибини залягання їх поверхні та величини компенсуючого впливу перекиваючих антиклінальних структур, вони проявляються як додатніми, так і від'ємними аномаліями. Специфічну форму прояву мають штоки з високим рівнем прориву солі на ділянках поширення крейдових відкладів. В таких випадках у верхній частині розрізу густина кам'яної солі ($2,20 \text{ г/см}^3$) більша, ніж густина вміщуючих порід ($2,08\text{--}2,12 \text{ г/см}^3$). Від'ємна аномалія погано виділяється в центральних частинах таких геологічних утворень за рахунок різноградієнтних локальних максимумів [6].

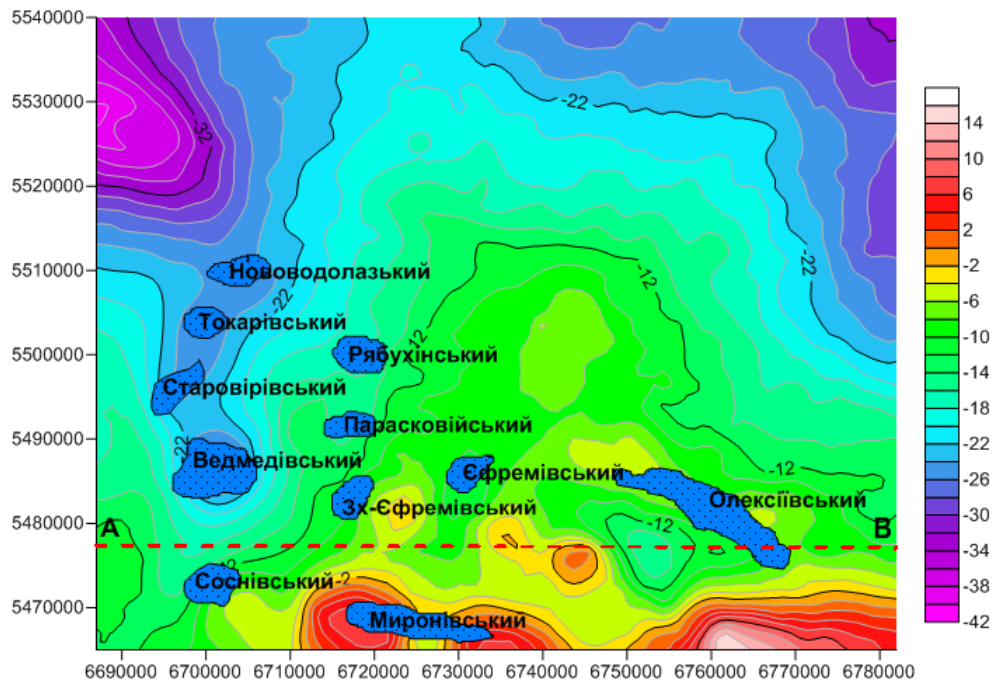


Рис. 1. Карта гравітаційного поля південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини
Крапками виділені соляні структури, пунктирна лінія – профіль досліджень.
Одиниці виміру значення поля сили тяжіння ΔG , мГл

Незважаючи на всю складність геологічної будови та аномальних ефектів гравітаційного поля (рис. 2), аналіз отриманих результатів підтверджує високу адаптивність енергетичного фільтру в умовах складного і різноманітного прояву соляного тектогенезу. За результатами фільтрації на лінії профілю виявлено дві локальні

аномалії (рис. 3), які теоретично в геологічному плані можуть відповідати Олексіївській структурі. Параметри менш енергетичних аномалій, що простежувалися у лівій та правій частинах, зніжувалися і на графіку локального поля наближаються до нуля.

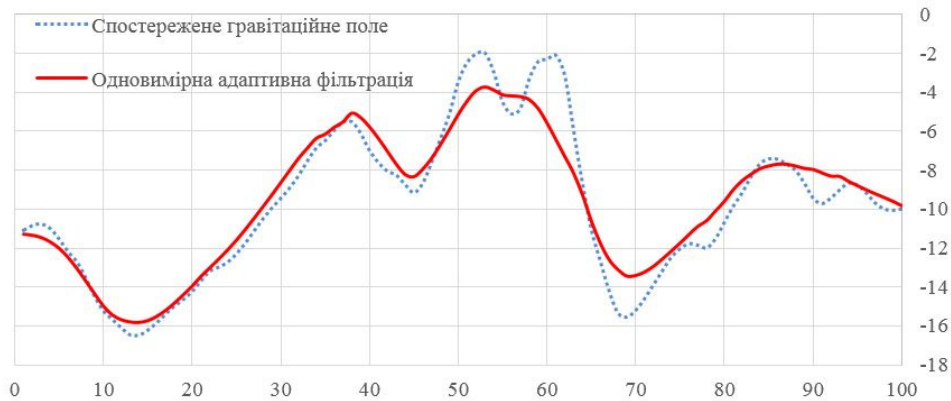


Рис. 2. Одновимірна адаптивна фільтрація виконана вздовж профіля АВ
Вісь абсцис – нумерація пікетів. Вісь ординат – значення поля сили тяжіння ΔG , мГл

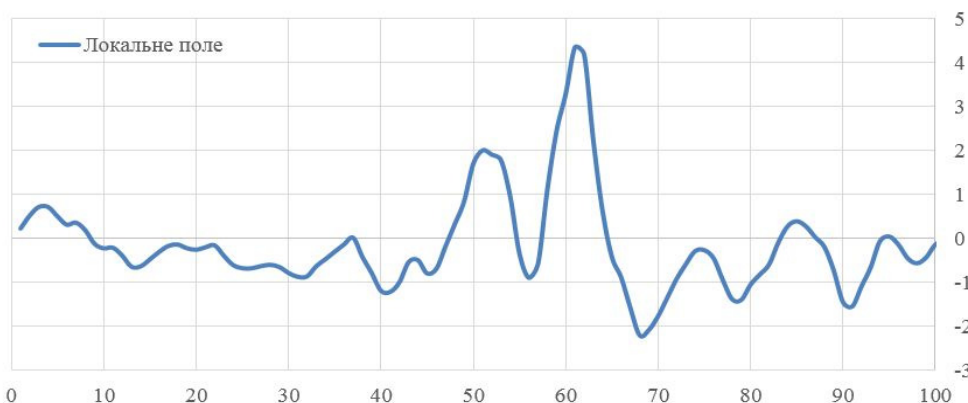


Рис. 3. Локальне поле за результатами одновимірної адаптивної фільтрації вздовж профіля АВ
Вісь абсцис – нумерація пікетів. Вісь ординат – значення поля сили тяжіння ΔG , мГл

Таким чином, в адаптивному алгоритмі для отримання профільованого значення поля в кожній точці вибираються власні параметри фільтра – довжина вікна фільтрації та вагові коефіцієнти. При цьому характеристики фільтра налаштовуються на оцінки параметрів найбільш енергоємних аномалій в околицях базового вікна окремої точки спостережень. Якщо в околі точки відсутні аномалії, то ширина вікна фільтрації буде мінімальною і вагові коефіцієнти фільтра будуть повністю визначатися спектрально-кореляційними характеристиками завади. При наявності в околі точки об'ємних аномалій ширина вікна фільтрації буде максимальною і відповідно вагові коефіцієнти будуть визначатися спектрально-кореляційними характеристиками цих аномалій. В алгоритмі адаптивного фільтра потрібно підкреслити ряд особливостей:

- визначення параметрів базового вікна на основі оцінки радіусу кореляції, що співпадає з довжиною найбільш протяжних аномалій, є оптимальним в реалізації процесу послідовного виділення складових поля у відповідності до їх енергії;
- адаптивний фільтр є низькочастотним, що дозволяє уникнути помилки пов'язаної з пропуском енергоємних аномалій в межах базового вікна;
- зміна параметрів вікна фільтрації від точки до точки, у відповідності зі зміною спектрально-кореляційних властивостей поля вздовж профілю, дозволяє налаштовувати частотні характеристики фільтра на виділення найбільш енергоємних аномалій в межах базового вікна.

У двовимірному варіанті, для врахування зміни параметрів поля, фільтрація виконується в прямокутному вікні при різних його нахилах. Вибір фіксованого нахилу вікна фільтрації можна порівняти зі смуговою лінійною фільтрацією в одновимірному виконанні, при якій коректно виділяються лише складові дуже вузького спектрального діапазону, а форма сигналів інших частин спектру – спотворюється. При адаптивній фільтрації в околі базового вікна кожної точки спостереження виконується локальна фільтрація з унікальними параметрами та ваговими коефіцієнтами, які показують зміну спектрально-кореляційних характеристик по площі. Використання звичайного (неадаптивного) фільтра призводить до "розмивання" аномалії при розбіжності нахилу вікна

фільтрації з простяганням аномалії. Застосування адаптивного фільтра дозволяє уникнути подібного негативного ефекту за рахунок його здатності адаптуватися до зміни кореляційних характеристик поля безпосередньо в процесі фільтрації [9].

Поділ поля на складові аномальні компоненти, обумовлені геологічними об'єктами різної природи, глибиною залягання і розмірами, є найважливішим завданням інтерпретації геофізичних спостережень. В першу чергу, це пояснюється тим, що не дивлячись на досягнення в області розв'язку обернених задач, найбільш ефективні і надійні рішення отримані для простих аномальних кривих за умови відсутності перешкоди, найчастіше відповідних тіл правильної геометричної форми. Крім цього, великий практичний інтерес представляє вирішення задачі оцінки форми аномалій, що можуть бути порівняні за амплітудою з рівнем перешкод, з метою коректного визначення параметрів індуючих їх геоб'єктів.

Застосування двовимірної адаптивної фільтрації дозволило розкласти гравітаційне поле на регіональну та локальну складові (рис. 4). Аналіз результатів показує, що даний тип фільтра є досить ефективним при застосуванні його до гравітаційного поля, аномальний ефект якого переважно викликаний наявністю соленосних структур різного типу. Необхідно відзначити, що отримати результати такої ж якості за допомогою звичайної фільтрації досить складно, оскільки форма аномалій переважно ізометрична, а простягання мінливо змінюється по площі. Параметри самоналаштування адаптивного фільтра дають можливість локалізувати аномальні ефекти від геологічних тіл та виділити на фоні завад менш енергетичні аномалії. Вирішення таких завдань можна застосувати у задачах районування та пошуку вуглеводнів. Зокрема, за емпіричною закономірністю І.М. Михайлова всім без винятку покладам і родовищам вуглеводнів в гравітаційному полі відповідають локальні від'ємні аномалії, амплітуда яких складає від 0,03 мГл для нафти і 0,3 мГл для газу. Враховуючи, що помилка високоточних одиничних спостережень складає 0,005-0,03 мГл, застосування алгоритмів лінійної фільтрації є цілком прийнятним для виділення таких аномалій.

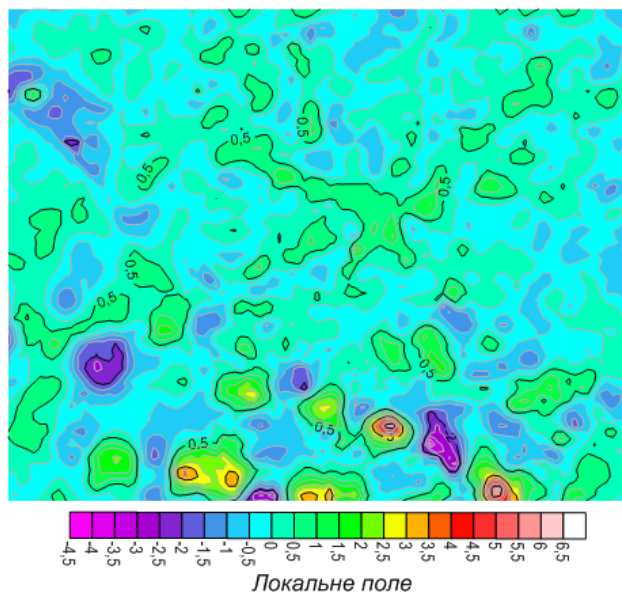
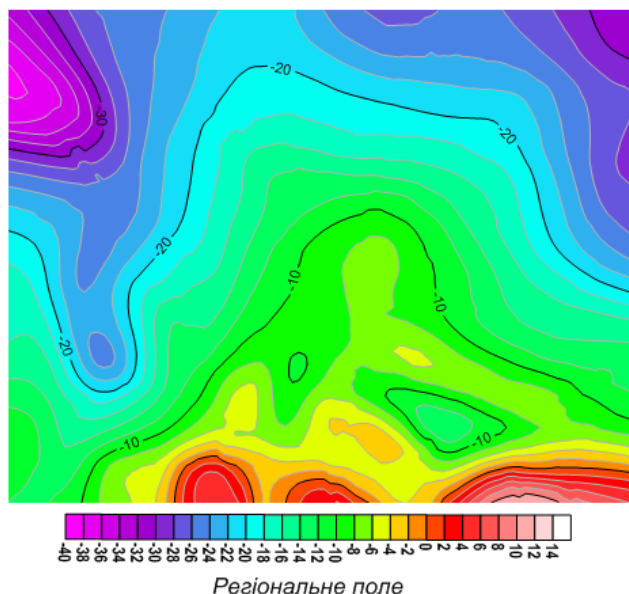


Рис. 4. Результати двовимірної адаптивної фільтрації гравітаційного поля південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини. Одиниці виміру поля сили тяжіння ΔG , мГл

Висновки. На сьогоднішній день в достатній мірі розроблена методологія статистичної фільтрації для виявлення та оцінки параметрів слабких аномалій геофізичних полів як у одновимірному, так і у багатовимірному виконаннях. Проте актуальною залишається проблема оптимізації статистичних фільтрів, зокрема за рахунок варіації параметрів ковзаючих вікон, а також використання характеристик локальних неоднорідностей полів. Насамперед, це стосується задач тектонічного районування та оцінки структурно-тектонічних елементів. Цей напрямок створює суттєвий потенціал підвищення корисного виходу з інформації, яку несуть спостережені фізичні поля. Не менш важливою є розробка оптимізаційних процедур, спрямованих на виділення сигналу від кількох джерел та формування бази даних статистичних та фізичних атрибутів, що дасть можливість підвищити ефективність роботи класифікаційних алгоритмів у вирішенні задач тектонічного районування та пошуку вуглеводнів.

Список використаних джерел

1. Гольцман Ф. М. Статистические методы интерпретации / Ф. М. Гольцман. – М.: Наука, 1971. – 283 с.
2. Губерман Ш. А. Неформальный анализ данных в геологии и геофизике / Ш. А. Губерман. – М.: Недра, 1987. – 262 с.
3. Девис Дж. Статистический анализ данных в геологии / Дж. С. Девис. – М.: Недра, 1990. – 319 с.
4. Демидович О. А. Выделение слабых геофизических аномалий статистическим способом / О. А. Демидович. – М.: Недра, 1969. – 112 с.
5. Демура Г. В. Выделение геофизических аномалий с помощью самообучающихся фильтров / Г. В. Демура // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1973. – №9. – С. 49-58.
6. Каратаев Г. И. Корреляционная схема геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий / Г. И. Каратаев. – Н.: Наука, 1966. – 135 с.
7. Никитин А. А. Статистические методы выделения геофизических аномалий / А. А. Никитин. – М.: Недра, 1979. – 280 с.
8. Никитин А. А. Теоретические основы обработки геофизической информации / А. А. Никитин, А. В. Петров. – М.: Недра, 2008. – 342 с.

9. Никитин А. А. Комплекс спектрально-корреляционного анализа данных "Коскад 3D" / А. А. Никитин, А. В. Петров. – М.: Недра, 2004. – 65 с.
10. Родионов Д. А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков / Д. А. Родионов. – М.: Недра, 1968. – 158 с.
11. Тархов А. Г. О математической обработке геофизических данных / А. Г. Тархов, А. А. Сидоров. // Изв. АН СССР. Сер. геофизическая. – 1960. – №10. – С. 1450-1457.
12. Тархов А. Г. Принципы комплексирования в разведочной геофизике / А. Г. Тархов, В. М. Бондаренко, А. А. Никитин. – М.: Недра, 1977. – 212 с.
13. Христич Т. А. К использованию способа самонастраивающейся фильтрации при решении задач геологического картирования геофизическими методами. / Т. А. Христич, А. Г. Никитин. – М.: Недра, 1977. – 91 с.

References

1. Goltsman F. M. (1971) Statisticheskie metody interpretatsii. M.: Nauka, 283 p. [in Russian].
2. Guberman Sh. A. (1987) Neformalnyy analiz dannykh v geologii i geofizike. M.: Nedra, 262 p. [in Russian].
3. Davis D. (1990) Statisticheskiy analiz dannykh v geologii. M.: Nedra, 319 p. [in Russian].
4. Demidovich O. A. (1969) Vydelenie slabyykh geofizicheskikh anomalii statisticheskim sposobom. M.: Nedra, 112 p. [in Russian].
5. Demura G. V. (1973) Vydelenie geofizicheskikh anomalii s pomoshchyu samoobuchayushchisya filtrov. // Izv. vuzov. Geologiya i razvedka, 9, 49-58. [in Russian].
6. Karataev G. I. (1966) Korrelyatsionnaya shema geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh i magnitnykh anomalii. N.: Nauka, 135 p. [in Russian].
7. Nikitin A. A. (1979) Statisticheskie metody vyideleniya geofizicheskikh anomalii. M.: Nedra, 280 p. [in Russian].
8. Nikitin A. A., Petrov A. V. (2008) Teoreticheskie osnovy obrabotki geofizicheskoy informatsii. M.: Nedra, 342 p. [in Russian].
9. Nikitin A. A., Petrov A. V. (2004) Kompleks spektralno-korrelyatsionnogo analiza dannykh "Koskad 3D". M.: Nedra, 65 p. [in Russian].
10. Rodionov D. A. (1968) Statisticheskie metody razgranicheniya geologicheskikh obyektov po kompleksu priznakov. M., Nedra, 158. [in Russian].
11. Tarhov A. G. (1960) O matematicheskoy obrabotke geofizicheskikh dannykh. // Izv. AN SSSR. Ser. geofiz., 10, 1450-1457. [in Russian].
12. Tarhov A. G. (1977) Printsipy kompleksirovaniya v razvedochnoy geofizike. M.: Nedra, 212 p. [in Russian].
13. Hristich T. A. (1977) K ispolzovaniyu sposoba samonastrayayushchey filtratsii pri reshenii zadach geologicheskogo kartirovaniya geofizicheskimi metodami. M.: Nedra, 91 p. [in Russian].

Надійшла до редколегії 11.06.16

O. Dziuba, PhD student
E-mail: geoinformatic@ukr.net;
K. Nikitchenko, PhD student
E-mail: kostyanikitchenko@gmail.com;
Y. Zelenko, PhD student,
E-mail: zelenko.yuri@gmail.com;
Taras Shevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

DETECTION OF WEAK ANOMALIES OF GEOPHYSICAL FIELDS BASED ON THE METHODS OF STATISTICAL FILTERING

This paper discusses the problem of detection of weak anomalies and localization of anomalous objects of the north-eastern part of the Dnieper-Donets basin based on statistical methods of filtering and correlation analysis. Investigation of salt tectonogenesis factors in geological environment and their influence on the interpretation of geophysical fields are made.

Possible application of adaptive filtering algorithms in order to improve useful information obtained from observed geophysical fields is proposed. The main problems of regional tectonic subdivisions and searches for hydrocarbons caused by the absence of prior i gravimetric data are studied.

Basic stages of development and application of probabilistic and statistical methods for data processing of geophysical fields is characterized. The paper analyses methods and algorithms used to determine possible localization of the abnormal objects based on probabilistic and statistical methods. The authors propose basic probabilistic and statistical methods in order to identify and evaluate signals (anomalies). Feasibility of calculation of statistical and physical characteristics (attributes) to resolve a number of problems of regional tectonic subdivision and assessment of structural and tectonic elements is substantiated. Methodic of adaptive filter usage based on the evaluation of the autocorrelation function of the input signal is proposed in both one-dimensional and two-dimensional versions. Filtering analyses of gravitational field in the north-eastern part of the Dnieper-Donets basin is carried out.

For the first time, the adaptive filter is applied to analyze gravity data of the north-eastern part of the Dnieper-Donets basin. It is established that at doing analysis of geophysical fields much attention should be focused on the field of extreme values. Their selection can help to solve more effectively current problem of regional tectonic subdivision into fixed area. Extreme value of statistical attribute control regions of disruption of statistical non-stationary of geofields, which in turn are confined to the boundaries of geological or tectonic zones.

Regional and local components of the gravitational field are distinguished by the results of adaptive filtering. This creates a significant potential to increase the output of useful information that have observed physical fields. The results obtained shows that this type of filter is extremely effective at its application to the gravimetric data, anomalous effects of which are mainly confined to the salt structures of various types. Adaptive filter options enable to localize the abnormal effects of geological bodies and allocate less background noise power anomalies. Such a problem-solving s can be applied at regional subdivision and searches for hydrocarbons.

Keywords: statistical filtering, geophysical field, probabilistic and statistical methods, local anomaly, adaptive filter, basic window, autocorrelation function, salt structure, interpretation of data.

О. Дзюба, асп.

E-mail: geoinformatic@ukr.net;

К. Нікітченко, асп.

E-mail: kostyanikitchenko@gmail.com;

Ю. Зеленко, асп.

E-mail: zelenko.yuri@gmail.com;

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская 90, г. Киев, 03022, Украина

ВЫДЕЛЕНИЕ СЛАБЫХ АНОМАЛИЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Цель. Обнаружение слабых аномалий и локализация аномальных объектов северо-восточной части Днепровско-Донецкой впадины на основе методов статистической фильтрации и корреляционного анализа. Исследование факторов соляного тектогенеза геологической среды и их влияния на процесс интерпретации геофизических полей.

Методика. Применение алгоритмов адаптивной фильтрации для повышения уровня качества получаемой полезной информации из наблюдаемых геофизических полей. Изучение основных проблем тектонического районирования региона и поиска углеводородов, связанных с отсутствием априорной информации по гравиметрическим данным.

Результаты. Охарактеризованы основные этапы развития и применения вероятностно-статистических методов для обработки данных геофизических полей. Проведен анализ методик и алгоритмов для решения задач локализации аномальных объектов на основе вероятностно-статистических методов. Проанализированы основные вероятностно-статистические методы выявления и оценки сигналов (аномалий). Обоснована целесообразность расчета статистических и физических характеристик (атрибутов) с целью решения ряда задач тектонического районирования и оценки структурно-тектонических элементов. Описана методика работы адаптивного фильтра как в одномерном, так и в двумерном исполнении, основанного на оценке автокорреляционной функции входного сигнала. Проведено фильтрацию гравитационного поля северо-восточной части Днепровско-Донецкой впадины. Подтверждена высокая адаптивность энергетического фильтра в условиях сложного и разнородного проявления соляного тектогенеза.

Научная новизна. Впервые применен адаптивный фильтр для анализа гравиметрических данных северо-восточной части Днепровско-Донецкой впадины. При этом установлены области экстремальных значений. Их выделение позволяет более эффективно решать актуальную задачу тектонического районирования территорий на стационарные области. Экстремальные значения статистических атрибутов контролируют области нарушения статистической нестационарности геополей, которые в свою очередь приурочены к геологическим границам или тектоническим зонам.

Практическая значимость. По результатам адаптивной фильтрации выделены региональная и локальная составляющие гравитационного поля. Это создает существенный потенциал повышения полезного выхода из информации, которую несут наблюдаемые физические поля. Анализ результатов показывает, что данный тип фильтра является достаточно эффективным при применении его к гравиметрическим данным, аномальные эффекты которых приурочены преимущественно к соленосным структурам различного типа. Необходимо отметить, что получить результаты такого же качества с помощью обычной фильтрации достаточно сложно, поскольку форма аномалий в большинстве случаев изометрическая, а простирание изменчиво по площади. Параметры адаптивного фильтра позволяют локализовать аномальные эффекты от геологических тел и выделить на фоне помех менее энергетические аномалии. Решение таких заданий возможно применять для районирования и поиска углеводородов.

Ключевые слова: статистическая фильтрация, геофизическое поле, вероятностно-статистические методы, локальная аномалия, адаптивный фильтр, базовое окно, автокорреляционная функция, соляные структуры, интерпретация данных.