

УДК 004:531.717.1.004.12:(528.88:553.98.041)

О.Т. Азімов, Л.Ф. Даргейко

*Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі
ІГН НАН України, м. Київ*

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ОЦІНКИ МІНЛИВОСТІ ТОВЩИН ВІДКЛАДІВ, ПЕРСПЕКТИВНИХ НА ПОШУКИ ВУГЛЕВОДНІВ

Наведено результати використання методу просторової інтерполяції даних Колмогорова для отримання додаткових відомостей про товщину підсольових відкладів девонського комплексу в межах території Білоцерківсько-Остап'ївського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони центрального грабену Дніпровсько-Донецької западини. Зазначений район є цікавим стосовно пошуків покладів нафти і газу в утвореннях верхньодевонсько-нижньокам'яновугільних літолого-стратиграфічних комплексів. Це визначається доведеними високими фільтраційно-емісійними властивостями їх горизонтів, наявністю кернів з деяких свердловин з насиченням нафтою тощо. Встановлено попередні значення і вивчено закономірності площової мінливості товщини підсольових відкладів девону на ще не розвіданих ділянках території, у межах якої є вже розбудовані структури. Із застосуванням комп'ютерних програм побудовано відповідні картосхеми в ізолініях, які можна використовувати під час подальших досліджень перспектив нафтогазоносності підсольових відкладів на досліджуваній території.

Ключові слова: просторова інтерполяція, метод Колмогорова, підсольові відклади, Дніпровсько-Донецька западина, Білоцерківсько-Остап'ївський виступ.

Вихідні передумови дослідження. Більшість моделей, які застосовують для описування процесів на земній поверхні, потребують вхідних даних за регулярною мережею (або сіткою) з відповідною щільністю, яку не завжди забезпечують існуючі системи спостережень. За таких умов постійно вдосконалюють системи спостережень, розробляють нові методики збору даних, розвивають калібрувальні-завіркові полігони тощо. Як правило, методики попереднього оброблення даних спостережень, які оптимально відповідають потребам моделювання, ґрунтуються на використанні різного роду математичних методів апроксимації, інтерполяції, екстраполяції та ін.

Використання математичних методів просторової інтерполяції різноманітних геолого-геофізичних даних з метою отримання попередніх відомостей

мостей стосовно перспективності на будь-які корисні копалини поки що не розвіданих ділянок у межах території з уже відомими родовищами, а також тими, що експлуатуються, є доцільним на етапі пошуково-розвідувальних робіт, який передує високовартісним і трудомістким польовим дослідженням. Ці методи спрямовані на отримання регуляризованих, відповідним чином (рівномірно з визначеним кроком) розподілених у певній системі координат вишукуваних даних. У науковій літературі в останні роки вони отримали назву “даунскейлінг” (*downscaling*) або “зменшення розмірності”.

Застосування методів даунскейлінгу за умови однорідності геологічної будови території досліджень і відомих інформативних ознак родовищ (покладів) дає можливість на основі матеріалів з низькою роздільною здатністю щодо існуючих нерівномірно розподілених родовищ отримувати регуляризовані масиви даних, які відповідають заданим вимогам моделювання й дають змогу мінімізувати похибки, що властиві системам спостережень [6 та ін.]. Ці масиви даних можуть характеризувати перспективність на корисні копалини конкретних ділянок у межах усього району робіт. Сукупність інформативних ознак, що визначають наявність рудоносних або нафтогазових покладів (родовищ), являють собою своєрідні поля природного середовища у вигляді випадкових функцій просторових координат.

Актуальність і постановка завдання. Актуальною на сьогодні залишається проблема виявлення якісних і кількісних причинно-наслідкових зв’язків між наявністю покладів якихось корисних копалин та оптико-фізичними параметрами і характеристиками компонентів ландшафту (зокрема вимірними за матеріалами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)). Для прийняттого розв’язання цієї **проблеми**, яку ми визнаємо як **загальну**, насамперед необхідне відповідне програмне інформаційно-аналітичне забезпечення. Останнє, на наш погляд, передусім передбачає обґрунтування і вибір репрезентативних тестових ділянок, у межах яких відомі родовища, прояви або спрогнозовані концентрації цих мінеральних ресурсів, підбір апріорної геолого-геофізичної інформації, а також даних багатоспектрального космічного знімання, які є в наявності на території полігонів. Апріорні геолого-геофізичні дані необхідно подавати у цифровій формі. Крім того, ці дані мають бути регуляризованими по всій площі того чи іншого полігона за критеріями просторової співрозмірності з просторовим розрізненням матеріалів ДЗЗ для виконання подальшого їх інформаційного інтегруван-

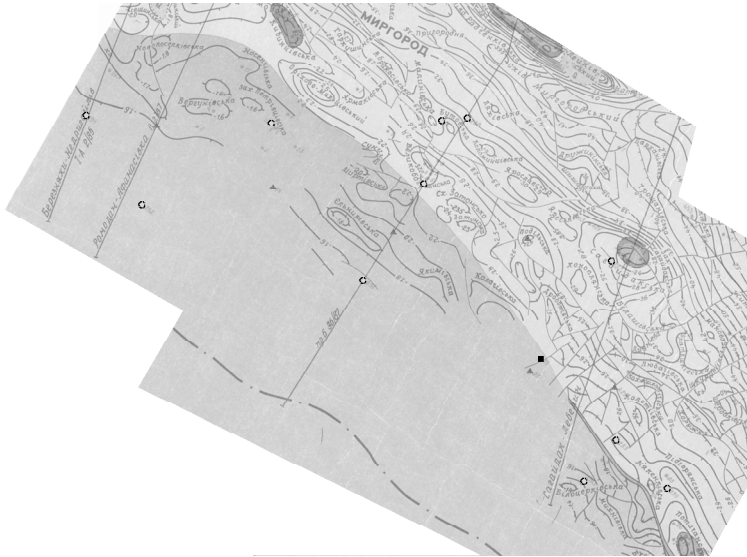


Рис. 1. Фрагмент структурно-тектонічної карти ДДЗ масштабу 1 : 200 000 (район Білоцерківсько-Остапівського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони) з винесеними ізогіпсами відбивних горизонтів візейського ярусу нижнього карбону і точками досліджень. Світлі кружки з чорними контурами – еталонні точки (свердловини), трикутники – досліджені площі (точки прогнозу), квадрати – контрольна точка (свердловина). Складено з використанням праць [5, 11, 16]

ня. Все це потребує застосування спеціалізованого програмно-аналітичного забезпечення із залученням сучасної комп’ютерної техніки.

Нижче на прикладі території Білоцерківсько-Остапівського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони центрального грабену Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), межа між якими у цьому районі проявляється [5 та ін.] нечітко (рис. 1), конкретніше розглянемо складову частину означеного загального завдання. Кінцева мета останнього для вказаного регіону – виділення ділянок, перспективних на виявлення пасток вуглеводнів (ВВ). Це окреме **не вирішене раніше завдання** полягає в установленні значень і вивченні закономірностей площевої мінливості товщини підсолевих відкладів девонського комплексу з використанням комп’ютеризованих методів підвищення просторового розрізнення геолого-геофізичних даних (методів просторової інтерполяції даних). Зазначені методи є своєрідними складовими відповідного інформаційно-аналітичного забезпечення адекватного розв’язку низки

задач, що з’являються у процесі розв’язання загальної проблеми. Регуляризація параметра товщини по всій досліджуваній території у подальшому потрібна, як ми зазначали, для виявлення кореляційних зв’язків між геологічними, геофізичними і вимірними за даними ДЗЗ ландшафтними параметрами, які формуватимуть відповідну матрицю їх значень.

Район, вихідні дані та методи дослідження. Територія Білоцерківсько-Остап’ївського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони центрального грабену ДДЗ, згідно з уявленнями останніх років [11], становить інтерес щодо пошуків покладів нафти та газу в утвореннях верхньодевонсько-нижньокам’яновугільних літолого-стратиграфічних комплексів з огляду на доведені високі фільтраційно-ємнісні властивості їх горизонтів різного літологічного складу (пісковики, вапняки, алевроліти, брекчії тощо). Вони слугували каналами міграції ВВ на значні відстані та акумуляції їх у сприятливих умовах – пастках. На прямі ознаки нафтогазоносності вказують керни зі свердловин (зокрема Великобагачанської площі) з насиченням нафтою, запахом нафти чи конденсату, наявністю бітумів у тріщинах і брекчіях, дані газового каротажу. До опосередкованих ознак належать припливи й плівки нафти з водою під час розбурювання певних інтервалів, фонтанні газопрояви, розгазування глинистого розчину та інші геолого-геофізичні дані.

У підсольових відкладах і хомогенній товщі девону в межах району прогнозують тектонічно екрановані пастки [11], з чим ми цілком погоджуємося. Пасткоутворенню можуть сприяти неузгоджені скиди, що, очевидно, контролюють системи підняття у межах борту, а також серія субмеридіональних скидів, які утворюють тектонічний кут із західною гілкою південного крайового розлому [14].

На наш погляд, у цих породах можливий також розвиток пасток літологічно і стратиграфічно екранованого, а також комбінованого типів, особливо у периферійних частинах піднятих блоків. При цьому пластові соленосно-карбонатно-теригенні відклади, що, ймовірно, поширені на всій території Білоцерківсько-Остап’ївського виступу південного борту ДДЗ, створюють флюїдоупорні умови, унеможливають вертикальну міграцію ВВ з підсольових відкладів чи із тріщин докембрійського фундаменту в горизонти надсольового структурного поверху. Власне якісними флюїдоупорами слугують пласти галіту в перешаруванні з аргілітами й алевролітами.

Окреслений район характеризується слабкою вивченістю підсольового комплексу порід, рідкою мережею свердловин глибокого буріння

(табл. 1) та окремих сейсморозвідувальних регіональних профілів (РП) методом спільної глибинної точки (МСГТ) (рис. 2). Рідка мережа профілів площевої 2D сейсморозвідки МСГТ також не дає можливості чітко ідентифікувати утворення зазначеного комплексу в усьому його розрізі. Відклади підсольового (або дорифтово-рифтового) комплексу складають ейфельсько-верхньофранський (воронезький) піщано-глинистий, сульфатно-карбонатно-пірокластичний структурно-формаційний комплекс (СФК) ДДЗ, який позначають як $D_2ef-zh+D_3[fr_1+fr_2+fr_3(vr)]$, або D_{2-3}^1 , і виділяють всі геологи-стратиграфи і літологи, що вивчали регіон [2–4, 13, 15–18 та ін.]. За даними регіональних досліджень, мінливість товщини порід цього СФК на території незначна, проте гіпсометричні рівні їх залягання можуть різнитися, що зумовлено блоковою тектонікою товщі (розривні порушення проникають в неї з кристалічного фундаменту).

Отже, зважаючи на порівняно однорідну геологічну будову району Білоцерківсько-Остап’ївського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони ДДЗ, який прийmemo за своєрідний полігон, відносно невеликі глибини залягання (2–3 км) горизонтів осадового чохла, потенційних щодо основних міграційно-генераційних процесів,

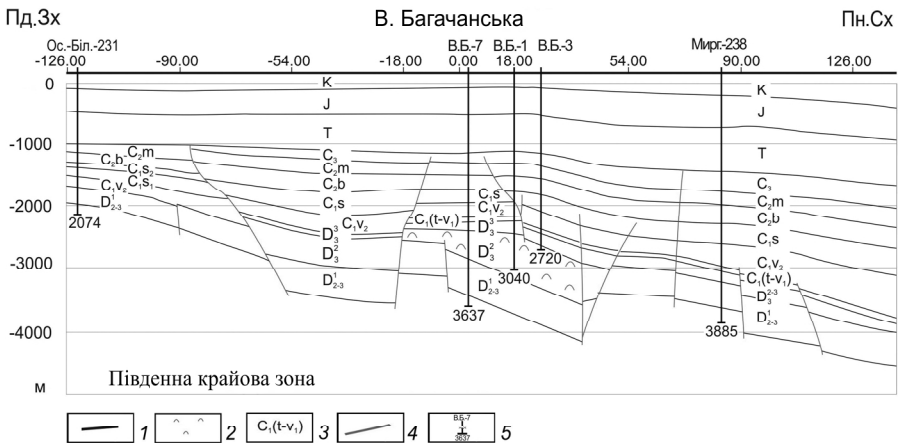


Рис. 2. Геологічний розріз осадового чохла, за даними інтерпретації фрагмента РП МСГТ Велика Багачка – Синівка у межах Білоцерківсько-Остап’ївського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони ДДЗ (побудовано О.Т. Азімовим з використанням матеріалів буріння глибоких свердловин і даних праць [2, 11, 16 та ін.]); 1 – межі сейсмостратиграфічних комплексів; 2 – соленосні фації; 3 – позначення стратиграфічних комплексів; 4 – розривні порушення; 5 – пробурені глибокі свердловини, що розташовані на профілі (в усті вказано назви площ і номери свердловин в їх межах, у вибійній частині – глибина вибою, м)

48 Таблиця 1. Відомості про свердловини, що розкрили відклади підсольового девону (СФК D₂₋₃¹) (складено з використанням матеріалів буріння глибоких свердловин та праць [11, 16])

Номер точки	Площа	Номер свердловини	Ал, м	Відмітка вибою, м	Стратиграфічний рівень вибою	Відмітка фундаменту, м	Відмітка покриві СФК D ₂₋₃ ¹ , м	Товщина СФК D ₂₋₃ ¹ , м	Характеристика порів, що залягають вище	
									Стратиграфічний рівень	Склад
1.	Берегівська	234	145,0	-2629	РЄ	-2597	-2030	567	D ₂ ²	Безсольовий аналог
2.	Білоперківсько-Остапівська	232	135,5	-2148	РЄ	-2138	-1637	561	D ₂ ²	Глинисто-алевролітові відклади
3.	Петрівцівська	10	99,8	-3040	РЄ	-3020	-2894	126	D ₂ ²	Четування шарів солі різної товщини зі щільними породами
4.	Білоперківсько-Остапівська	231	135,6	-2074	РЄ	-2063	-1669	394	C _{1v2}	Горизонт В-18
5.	Великобачанська	7	140,0	-3637	РЄ	-3460	-2920	540	D ₂ ²	Четування шарів солі з сульфатно-карбонатними породами, теригенами
6.	Бугівська	1	138,5	-3295	РЄ	-3231	-2982	249	D ₂ ²	Безсольовий аналог
7.	Миргородська	238	177,1	-3885	РЄ	-3674	-3286	388	D ₂ ²	Те саме
8.	Сагайдацька	56	148,4	-5083	РЄ	-4932	-4627	305	D ₂ ²	Сіль з окремими прошарками щільних порід
9.	Білоперківсько-Остапівська	230	136,9	-1847	D ₂₋₃ ¹	-	-1528	319* (325**)	C _{1v2}	Горизонт В-17
10.	Білоперківсько-Остапівська	233	120,5	-2521	РЄ	-2480	-2100	380	D ₂ ²	Безсольовий аналог
11.	Підорянська	239	95,4	-3571	РЄ	-3546	-3109	437	D ₂ ²	Сіль з кепроком

Примітки: * Відкрита товщина СФК D₂₋₃¹; **Очікувана товщина СФК D₂₋₃¹, що прийнята для розрахунку.

а також враховуючи набутий нами досвід досліджень стосовно застосування математичних методів просторової інтерполяції відомих інформативних ознак (геологічних параметрів), що можуть характеризувати перспективи нафтогазоносності [1, 9, 12, 19 та ін.], розглянемо можливість використання *методу оптимальної інтерполяції Колмогорова* [8] для визначення товщини підсольових відкладів девону (нафтогазоперспективних порід) на конкретно виділених площах території.

Викладення основного матеріалу дослідження та отриманих наукових результатів. На попередньо прив’язаній за допомогою відповідного програмного продукту (ERDAS Imagine) до базової системи координат структурно-тектонічної карті досліджуваного району ДДЗ (рис. 1) точки (свердловини) з наявними даними з товщини СФК D_{2-3}^1 (табл. 1) і точними прямокутними координатами позначено чорними кружками зі світлими осередками. Відомі значення товщини комплексу позначимо, як $f_0(x_i)$, де x_i належить множині свердловин, що прийняті за еталон й позначені, як I_e . На відібраних для досліджень площах потрібно оцінити можливу товщину підсольового комплексу. Перелік цих площ визначають на основі теорії нечітких множин і багатокритеріальної оптимізації за найбільшою відповідністю сукупності всіх інформативних ознак досліджуваних площ характеристикам еталонних свердловин [7, 10], що обґрунтовує правомірність використання методу просторової інтерполяції.

Математично це можна представити так: відому інформацію про досліджувану територію запишемо як набір з $n + 1$ інформаційних характеристик (ознак):

$$f_j(x_i), x_i \in I = I_e \cup I_u \cup I_e, J = \overline{0, n},$$

де I – усі площі району; I_e – еталонні площі з відомими значеннями товщини підсольового СФК; I_u – площі, для яких визначають товщину комплексу; а I_e – безперспективні площі, що виключені з подальшого розгляду.

Нехай I_e містить m площ, $m < M$, де M – загальна кількість площ (вузлів інтерполяції), що проаналізовані нижче. Для зручності й визначеності позначимо площі m , як p_i , де $i = \overline{1, m}$; I_u – інші $M - m$ площі – як q_j , де $j = \overline{1, M - m}$, для яких визначені значення лише для n ознак, $j = \overline{1, n}$. Тут не розглянуто площі, які відбраковано на етапі багатокритеріального аналізу відомих ознак.

Необхідно виконати інтерполяцію з тих точок, де є виміри, в усі визначені вище перспективні вузли району досліджень (на рис. 1 позначені

темними трикутниками), тобто потрібно вирахувати значення інтерпольовної ознаки (тут – можливу товщину підсольового СФК) для всіх перспективних вузлів (площ) –

$$f_0(q_j), \forall q_j, j = \overline{1, M-m},$$

за відомими значеннями товщини комплексу в еталонних вузлах $f_0(p_i)$. Мета оптимальної інтерполяції – знаходження оцінки вишукуваних значень товщини відкладів $D_{2-3}^1 - f_0(q_j)$ – на деякій множині точок $\{q_j\}$, що забезпечує мінімум математичного очікування квадрата похибки цієї оцінки відносно істинного її значення, тобто мінімум величини:

$$\varepsilon^2 = E \left\{ \left(f_0(q_j) - f(q_j) \right)^2 \right\}.$$

Значення товщини на виділених площах визначаємо методом оптимальної інтерполяції Колмогорова [8].

Розв’язок задачі. Принцип Колмогорова стверджує, що найкращою оцінкою (у класі лінійних оцінок) є умовне стосовно спостережень середнє значення:

$$f_o(q_j) = \sum_{i=1}^m h_{ji} f_o(p_i). \quad (1)$$

Задача пошуку оптимальної оцінки $f_0(q_j)$, отже, зводиться до пошуку значень вагових коефіцієнтів h_{ji} .

Згідно з методом Колмогорова, система рівнянь

$$B_f(q_j - p_i) = \sum_{k=1}^N h_{jk}^* B_u(p_k - p_i) \quad (2)$$

дає змогу визначити всі необхідні вагові коефіцієнти інтерполяції для вирахування значень $f_0(q_j)$. Тут $B_u(p_k - p_i)$ – матриця значень автокореляційної функції (АКФ) між кожною парою точок, у яких відоме значення “поля” товщини досліджуваного комплексу (між кожною парою еталонних вузлів), а $B_f(q_j - p_i)$ – вектор значень АКФ для відстаней від точки, для якої оцінюємо значення “поля”, до кожної з точок з відомим значенням “поля”.

Просторові кореляційні функції інтерпольовних полів зазвичай вибудовують наближено за окремими значеннями у подібних за просторовою мінливістю районах. Оскільки кореляційна функція є осередненою характеристикою поля і через це змінюється повільніше, ніж власне поле, от-

римавши оцінку функції в одному місці поля, можна використовувати її в інших місцях.

Сутність колмогоровської інтерполяції полягає у тому, що точка, в якій відновлюється значення, пов’язана з еталонними точками кореляційними і взаємними кореляційними залежностями. Коефіцієнти інтерполяції в першому наближенні пропорційні коефіцієнтам кореляції між точкою інтерполяції і точками вимірів. Коефіцієнт взаємної кореляції враховує вплив на значення функції в точці інтерполяції значення в кожній з точок, для яких це значення відомо. Інакше кажучи, коефіцієнт взаємної кореляції вираховують для інтерпольовної точки з кожною з відомих (еталонних) точок, тим самим будують вектор значень кореляційної функції.

Оскільки розглядаємо просторову кореляцію, то кореляційна функція є функцією відстані, й будуюмо її, розраховуючи значення для певних відстаней. Для задовільної оцінки значень кореляційної функції потрібно набрати принаймні 8–10 пар еталонних точок, що розташовані приблизно на однаковій відстані одна від одної (однакові зсуви). У нашому випадку $n = 2$, тобто простір є двовимірним, і відстань між точками визначаємо за відомою формулою відстані

$$d(p_1, p_2) = \sqrt{(x(p_1) - x(p_2))^2 + (y(p_1) - y(p_2))^2}.$$

Надалі слід утворити добуток значень поля у цих точках і вирахувати середнє арифметичне з цих добутоків. Ця процедура дасть одне значення кореляційної функції за даного аргументу – зсуву. Отримавши у такий спосіб декілька точок, можна побудувати функцію, що апроксимує оцінки кореляційної функції.

Апроксимувавши кореляційну функцію, вираховуємо матрицю і стовпець вільних членів для системи Колмогорова (2). Розв’язавши її, визначаємо коефіцієнти для лінійного розкладання (1), яке дає значення вишукуваного параметра (товщина підсольового СФК) у згаданій точці. Для кожної точки множини I_u будуюмо свій вектор вільних членів і розв’язуємо систему лінійних рівнянь (2).

Просторова кореляційна функція являє собою графік функції, що залежить від одного аргументу – відстані між двома точками поля. Точки цього графіка є коефіцієнтами кореляції між кожною парою точок поля. Таким чином, якщо потрібно визначити коефіцієнт кореляції між двома точками поля, вимірюють відстань між ними і визначають значення коефіцієнта кореляції як значення апроксимованої кореляційної функції від отриманої відстані.

У системі рівнянь оптимальної інтерполяції (2) використовуємо коефіцієнти кореляції між точкою території, куди виконуємо інтерполяцію, і точками вимірів (еталонними), а також коефіцієнти кореляції між еталонними точками. Враховуємо взаємні статистичні зв'язки між еталонними точками. Їхні значення також визначаємо як значення апроксимованої кореляційної функції від відповідних відстаней між еталонними точками. Отримавши кореляційну функцію, вираховуємо матрицю і стовпець вільних членів для системи Колмогорова і розв'язуємо її.

Застосувавши розроблений авторський алгоритм і відповідну програму під персональний комп'ютер типу Pentium, Л.Ф. Даргейко (один з авторів статті) розрахував указані вище необхідні параметри для просторової інтерполяції значень товщини ейфельсько-верхньофранського СФК у межах території досліджень. При цьому під час розв'язання контрольних прикладів для апроксимації кореляційної функції він використав метод апроксимації кубічними сплайнами, як найточніший. Отримані оцінки значень товщини підсольового комплексу девону для досліджуваних площ [1, 19] наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Місцезонашення і прогнозовані товщини підсольового СФК девону (D_{2-3}^1) досліджених площ (точки)

Номер точки	Розташування досліджених площ	Номер свердловини на структурах	Площа	Координати*, м		Оцінена товщина СФК D_{2-3}^1 , м
				X	Y	
12	На РП МСГТ Ромодан – Афанасівка	–	Бортовий схил	19422,94	525473,74	427
13	Свердловина Петрівцівська-14	14	Петрівцівська	31995,76	519219,17	273
14	На РП МСГТ Велика Багачка – Лебедин приблизно посередині між св. Білоцерківсько-Остапівська-231 і Великобагачанська-7	–	Бортовий схил	44851,33	514907,34	436
15	Білоцерківсько-Остапівський виступ	21	Бортовий схил	59790,04	500739,11	332
16	Північно-західна перикліналь Колонтаївської структури	429	Колонтаївська	68784,66	499215,27	353
17	Скелініня Подільської структури	–	Подільська	59025,27	514527,81	374

*Координати умовні.

Обговорення результатів дослідження. Звичайно, відповідно до теоретичного обґрунтування методу оптимальної інтерполяції Колмогорова для задовільної оцінки значень кореляційної функції бажано набрати 8–10 пар еталонних точок, що розташовані приблизно на однаковій відстані одна від одної (щоб зсуви були однаковими). У наведеному прикладі кількість цих пар лише 5–6, що є певним недоліком. Разом з тим вираховані дані товщини підсольового СФК оцінюємо як задовільні для регіонального масштабного рівня вивчення території. Зокрема, контрольна точка – свердловина Білоцерківсько-Остап’ївська-23 у межах бортового схилу відповідного виступу зі значенням товщини досліджуваного комплексу порід 335 м, що розташована у 2 км на північний схід від вимірної точки 15 (район свердловини Білоцерківсько-Остап’ївської-21, де товщину оцінено у 332 м (див. рис. 1, позначено чорним квадратом, і табл. 2), – підтверджує високу точність виконаного розрахунку (відносна похибка становить лише близько 1 %). Проте за матеріалами глибокого буріння відомо [16], що лише розкрита товщина комплексу D_{2-3}^1 у свердловині Білоцерківсько-Остап’ївській-21 дорівнює 549 м (вибій свердловини на глибині –2949 м у підсольових утвореннях девону, покрівля яких має позначку – 2400 м). Отже, відносна похибка становить щонайменш 40 %, що загалом характерно для істотних перепадів поля на великих відстанях. Це, вочевидь, властиво досліджуваному параметру товщини на деяких площах території робіт загалом (здебільшого в районах локальних підняттях, піднятих блоків тощо).

Отже, надалі для коректнішого аналізу обчислень товщини підсольового СФК у точках інтересу слід оцінити їх у цих точках за даними РП МСГТ Ромодан–Афанасіївка, Велика Багачка–Лебедин, а також за архівними матеріалами буріння глибокої свердловини Петрівцівська-14 та св. 429 у межах північно-західної перикліналі Колонтаївської структури (якщо ці свердловини пройшли увесь або ж принаймні значний розріз порід ейфельсько-пізньофранського віку).

Недоліком наявного у Центрі алгоритмічно-програмного забезпечення просторової інтерполяції за методом Колмогорова є те, що воно не розраховано на побудову картосхем вирахованих значень якогось поля в ізолініях. Таким чином, щоб здійснити такі побудови, ми використали можливість пакета програм ArcGIS 9.2. Це програмне забезпечення здатне виконувати просторові інтерполяції даних за методами кригінгу з вирисовуванням відповідних ізолінійних картосхем. Зазначену інтерполяцію наяв-

них значень товщини підсольового СФК D_{2-3}^1 району досліджень (з урахуванням як еталонних, так і точок прогнозу за методом Колмогорова) виконано за методом звичайного кригінгу (*Ordinary Kriging*). У результаті вперше для району Білоцерківсько-Остап’ївського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони центрального грабену ДДЗ побудовано відповідну ізолінійну картосхему прогнозованого площового розподілу зазначених товщин (рис. 3), а також тривимірне зображення розподілу поля цього параметра (рис. 4).

На рис. 3 видно загалом нерівномірний за площею розподіл товщини ейфельсько-верхньофранського комплексу. Звертають на себе увагу зонально-локальні мінімуми значень на Петрівцівській (точка 3), Бутівській (точка 6) і Сагайдацькій (точка 8) площах. Натомість Березівська (точка 1), Великобагачанська (точка 5) і Підгорянська (точка 11) площі, а також район свердловин Білоцерківсько-Остап’ївська-232 (точка 2) характеризуються збільшеною товщиною СФК D_{2-3}^1 . Градієнтні зони на картосхемі, очевидно, відображують поховані зони диз’юнктивних струк-

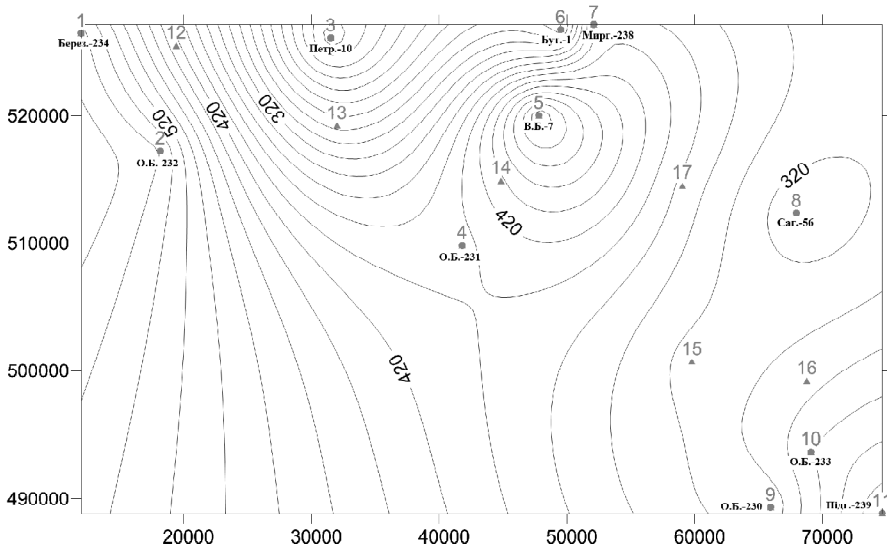


Рис. 3. Район Білоцерківсько-Остап’ївського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони центрального грабену ДДЗ. Площовий розподіл товщини підсольового СФК девону (D_{2-3}^1 , м) за даними буріння глибоких свердловин і просторових інтерполяцій за методами Колмогорова та звичайного кригінгу (координати умовні, м). Кружками позначено еталонні точки (свердловини, див. табл. 1), трикутниками – досліджені площі (точки прогнозу, див. табл. 2)

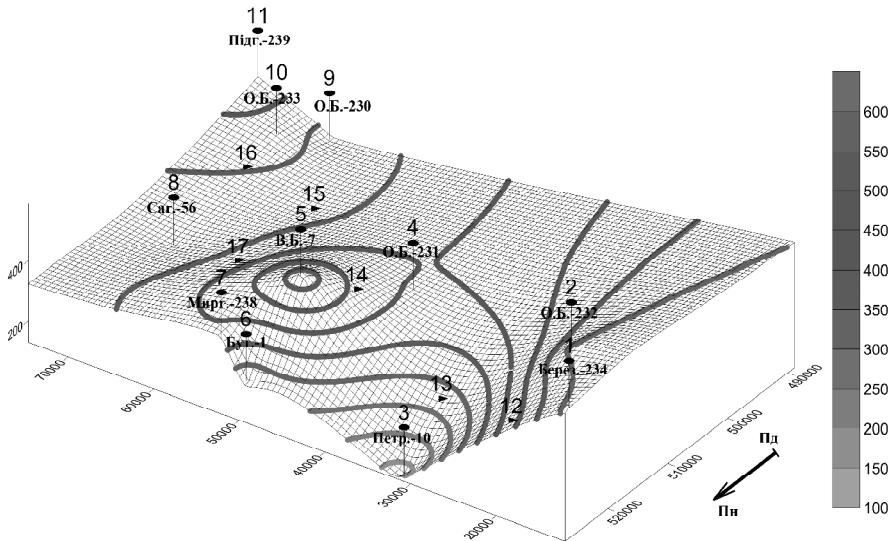


Рис. 4. Район Білоцерківсько-Остап’ївського виступу південного борту і прилеглої частини південної прибортової зони центрального грабену ДДЗ. Тривимірне зображення розподілу поля товщини підсолявого СФК девону (D_{2-3} , м) за даними буріння глибоких свердловин і просторових інтерполяцій за методами Колмогорова та звичайного кригінгу (координати умовні, м). Кругами позначено еталонні точки (свердловини, див. табл. 1), трикутниками – досліджені площі (точки прогнозу, див. табл. 2)

тур. Побудови у південно-західній частині району робіт, на нашу думку, є малоімовірними з огляду на відсутність конкретних еталонних точок.

Висновки і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

Розглянуто теоретичне обґрунтування наукових основ методу оптимальної просторової інтерполяції Колмогорова. Цей метод втілено на прикладі підбраного й аргументованого Білоцерківсько-Остап’ївського полігона ДДЗ, на території якого зібрано геолого-геофізичні дані (матеріали глибокого буріння свердловин та їх випробувань, сейсморозвідки МСГТ тощо [2, 11, 16 та ін.]; див. рис. 1, 2, табл. 1). У результаті розраховано товщину нафтогазоперспективного підсолявого ейфельсько-верхньофранського (воронезького) СФК (D_{2-3}^1) на площах інтересу (див. табл. 2). Попередньо оцінено інформативність розрахованих даних як задовільну для стадії регіонального дослідження території.

З урахуванням можливостей пакета програм ArcGIS 9.2 виконано просторову ізолінійну інтерполяцію значень підсолявого СФК за мето-

дом звичайного кригінгу. Вперше для району робіт побудовано відповідну картосхему площового розподілу вказаного параметра (див. рис. 3).

Наведені прогнози товщини підсольового комплексу девону в подальшому, як додатковий інформативний матеріал, можна використовувати для планування обсягів польових площових сейсмозвідувальних досліджень МСГТ, а також вибору місць закладання параметричних свердловин глибокого буріння. Останні, на наш погляд, мають пройти розріз як карбонівих утворень, так і всі СФК девону й увійти у породи кристалічного фундаменту.

На перспективу варто було б дослідити (виміряти) значення товщини ейфельсько-пізньофранського комплексу в межах уже відібраних площ (точках прогнозу), здійснивши просторову інтерполяцію за методом звичайного кригінгу, застосувавши, наприклад, можливості програмного продукту ArcGIS 9.2. Далі слід порівняти їх з аналогічними, вирахованими за методом Колмогорова параметрами і завірковими геолого-геофізичними даними (очевидно, останні потребують поповнення з архівних джерел). Таким чином, можна буде встановити, який із указаних методів є точнішими для умов території робіт.

Необхідно також верифікувати можливості зазначених методів просторової інтерполяції даних у межах іншого полігона (полігонів) досліджень на території ДДЗ. Методи мають бути ретельно обґрунтовані і забезпечені базовим комплексом матеріалів геолого-геофізичних і дистанційних досліджень.

1. *Азимов А.Т.* Использование компьютеризованных методов пространственной интерполяции данных для оценки закономерностей площадной изменчивости толщин нефтегазоперспективных отложений / А.Т. Азимов, Л.Ф. Даргейко, А.Г. Мычак // Азово-Черноморский полигон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа: Сб. тез. докл. XI Междунар. конф. “Крым-2013” (г. Ялта, 16–20 сент. 2013 г.). – Симферополь: АГЕО, 2013. – С. 43–44.
2. *Анализ эффективности геофизических исследований ГПП “Укргеофизика”:* Отчет по теме 113/89: в 8 кн. / [Стовба С.Н., Самойлюк А.П., Турчаненко Н.Т. и др.] / ГПП “Укргеофизика”. – № ГР 39-91-82/2. – Киев, 1993. – Кн. 1 – 235 с.
3. *Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины.* Глубинное строение и геотектоническое развитие / [Гавриш В.К., Забелло Г.Д., Рябчун Л.И. и др.]; отв. ред. В.К. Гавриш: – Киев: Наук. думка, 1989. – 208 с.
4. *Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины.* Стратиграфия / [Айзенверг Д.Е., Берченко О.И., Бражникова Н.Е. и др.]; отв. ред. Д.Е. Айзенверг. – Киев: Наук. думка, 1988. – 148 с.

5. *Дворянин Є.С.* Структурно-тектонічна карта Дніпровсько-Донецької западини (По-ясн. записка, м-б 1 : 200 000) / Є.С. Дворянин. – К.: ДГП “Укргеофізика” Держкомгеології України, 1996. – 45 с.
6. *Зарипов Р.Б.* Обзор современных методов повышения детализации метеорологических полей / Р.Б. Зарипов // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – 2010. – № 1. – С. 1–11.
7. *Козлов З.В.* Прогноз залежей углеводородов в Днепровско-Донецкой впадине на основе комплексной оценки космической информации ДЗЗ и наземных наблюдений / З.В. Козлов, А.Е. Лукин, А.Д. Федоровский // Доп. НАН України. – 2007. – № 2. – С. 111–115.
8. *Колмогоров А.Н.* Интерполирование и экстраполирование стационарных случайных последовательностей / А.Н. Колмогоров // Изв. АН СССР. Сер. матем. – 1941. – № 5. – С. 3–11.
9. *Оценка нефтегазоперспективности участков территории методом пространственной интерполяции Колмогорова* / Л.Ф. Даргейко, А.Д. Федоровский, А.Е. Лукин, А.Ю. Порушкевич // Доп. НАН України. – 2011. – № 11. – С. 100–103.
10. *Оцінка нафтогазоперспективності територій з використанням системного підходу та космічної інформації для наступної геофізичної розвідки* / Т.О. Архіпова, З.М. Товстюк, З.В. Козлов [та ін.] // Геоінформатика. – 2006. – № 3. – С. 40–45.
11. *Рослий І.С.* Геологічні дослідження на Великобагачанській площі й перспективи до-розвідки її структур / І.С. Рослий, М.О. Скребець // Мінерал. ресурси України. – 2011. – № 4. – С. 28–35.
12. *Спутниковые методы поиска полезных ископаемых* / [Азимов А.Т., Апостолов А.А., Архипов А.И. и др.]; под ред. акад. НАН Украины В.И. Лялько и д-ра техн. наук М.А. Попова. – Киев: Карбон-Лтд, 2012. – 436 с.
13. *Стратиграфия девона Днепровско-Донецкой впадины* / В.А. Разницын, А.А. Билык, Л.П. Кононенко [и др.] // Тектоника и стратиграфия. – 1993. – Вып. 33. – С. 74–83.
14. *Стрижак В.* Перспективні напрями параметричного буріння в східному нафтогазо-носному регіоні України / В. Стрижак, І. Рослий, С. Вакарчук // Геолог України. – 2011. – № 3–4. – С. 70–76.
15. *Теоретичні основи нетрадиційних геологічних методів пошуку вуглеводнів* / [Євдошук М.І., Чебаненко І.І., Гавриш В.К. та ін.]; під ред. М.І. Євдошука. – К.: НТП “Нафтогаз-прогноз”, 2001. – 288 с.
16. *Узагальнення геолого-геофізичних даних по геологічній будові ДДЗ та палеогеографічних умовах формування нижньокам’яновугільних відкладів за результатами регіональних сейсмостратиграфічних досліджень та ГДС: Звіт по темі 113/96 (в 4 кн.)* / [Стовба С.М., Самойлюк О.П., Тополук В.В. та ін.] / ДГП “Укргеофізика”. – № ДР У-96-56/13. – К., 1999. – Кн. 1. – 168 с.
17. *Чирвинская М.В.* Глубинная структура Днепровско-Донецкого авлакогена по геофизическим данным / М.В. Чирвинская, В.Б. Соллогуб. – Киев: Наук. думка, 1980. – 180 с.
18. *Хоменко В.А.* Девон Днепровско-Донецкой впадины (и сопредельных территорий) / В.А. Хоменко; отв. ред. И.И. Чебаненко. – Киев: Наук. думка, 1986. – 116 с.
19. *Azimov O.T.* Study the regularities of the area variability of oil and gas prospective sediments with using the spatial interpolation computerized methods [Електронний ресурс] / О.Т. Azimov, L.F. Dargeiko // XIIIth Inter. Conf. on Geoinformatics – Applied Aspects / Archives / EAGE. – Режим доступу: <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=68167>.

Информационно-аналитическое обеспечение региональной оценки изменчивости толщин отложений, перспективных на поиски углеводородов А.Т. Азимов, Л.Ф. Даргейко

Представлены результаты использования метода пространственной интерполяции данных Колмогорова для получения дополнительных сведений о толщине подсолевых отложений девонского комплекса в пределах территории Белоцерковско-Остапьевского выступа южного борта и прилегающей части южной прибортовой зоны центрального грабена Днепровско-Донецкой впадины. Этот район представляет интерес относительно поисков залежей нефти и газа в образованиях верхнедевонско-нижнекаменноугольных литолого-стратиграфических комплексов. Это определяется доказанными высокими фильтрационно-емкостными свойствами их горизонтов, наличием кернов из некоторых скважин с насыщением нефтью и пр. Установлены предварительные значения и изучены закономерности площадной изменчивости толщины подсолевых отложений девона на еще не разведанных участках территории, в пределах которой имеются уже разбуренные структуры. С применением компьютерных программ построены соответствующие картосхемы в изолиниях, которые могут использоваться при дальнейших исследованиях перспектив нефтегазоносности подсолевых отложений на рассмотренной территории.

Ключевые слова: пространственная интерполяция, метод Колмогорова, подсолевые отложения, Днепровско-Донецкая впадина, Белоцерковско-Остапьевский выступ.

Information and analytical support the regional estimation of a variability the thickness of oil and gas prospective sediments O.T. Azimov, L.F. Dargeiko

The are submitted the results of using the spatial interpolation Kolmagorov's method for subsidiary data on the thickness of the Devonian subsalt sediments within the Bilotserkivsko-Ostapyivskiy ledge territory of the Southern Edge and the adjacent part of the Central trough of the Dnieper-Donets depression. This region is of interest to petroleum traps prospecting in formation of the Upper Devonian-Lower Carboniferous lithologic and stratigraphic complex. It becomes clear on proved high filtration and capacitive properties of their horizons, the presence of core samples with oil enrichment from some boreholes, etc. We laid down preliminary thickness value of the Devonian subsalt sediments and studied the regularities of their area variability for have not explored grounds within the territory with already developed structures. Application of computer programs permitted us to draw the respective maps and schemes in isolines. These maps and schemes are able be used for subsequent investigation of the oil-gas-bearingness prospective of the subsalt sediments within the considered territory.

Keywords: spatial interpolation, Kolmagorov's method, Dnieper-Donets depression, Bilotserkivsko-Ostapyivskiy ledge.