підвищеної тріщинуватості гірських порід (лінеаментів), виявлення, класифікація вузлів перетинів розломів, лінеаментів, виявлення, класифікація кільцевих структур, виявлення структурно-речових комплексів, отримання інших (переважно якісних) характеристик результатів дешифрування дистанційних багатоспектральних зображень.
- Польові геолого-ландшафтні, геоморфологічні дослідження.
- Польові спектрометричні дослідження
- ГІС операції з інтегрування результатів дешифрування матеріалів багатозональних аерокосмічних знімань, геолого-геофізичних геохімічних, мінералогічних даних, матеріалів спектрометричних досліджень.
- Комп'ютерна обробка дистанційних зображень (кольорові фільтрації, класифікації і т.д.), отримання кількісних характеристик результатів структурно-геологічного дешифрування
- Тематична обробка геолого-мінералогічних даних, ландшафтно-геоморфологічних досліджень, оцінки геохімічних матеріалів.
- Дослідження кореляцій тематичних геолого-мінералогічних даних з наземними спектрометричними дослідженнями
- Оцінка інформативності пошукових ознак, попередня геолого-мінералогічна інтерпретація отриманих результатів тематичної обробки (робоча гіпотеза).
- Візуалізація сприятливих пошукових ознак.
- Валідація даних.

3-й етап. «Металогенічний аналіз» основним завданням етапу є:
- Якісне та кількісне оброблення результатів аналізу дистанційних та традиційних геолого-ландшафтних даних з метою виявлення ознак рудної сировини.
- Виявлення можливих рудоконтролюючих структур і рудних таксонів за пошуковими ознаками виявленими в процесі дешифрування. Отримання нової додаткової інформації.
- Розробка проміжної (уточнення попередньої) комплексної моделі пошукового мінерагенічного об'єкту.

4-й етап «Прогнозні рекомендації» передбачає:
- ГІС аналіз мінерагенічних даних і моделі пошукового мінерагенічного об'єкту (ревізія відомих і виявлення нових рудоконтролюючих структур і їх характеристик за комплексом ознак) на основі комп'ютерного оброблення та дешифрування аерокосмічних зображень і польової спектрометрії.
- Формування уточненої прогнозно-пошукової (структурно-мінерагенічної) моделі площі розповсюдження рудної сировини та оцінка нових прогнозних територій
- Надання рекомендацій з проведення подальших пошуково-розвідувальних робіт.

Специфікою застосування результатів дистанційних досліджень є акцент на виявлення структурного контролю зруденіння шляхом аналізу розміщення відомих рудних об'єктів і створення або вдосконалення нової комплексної прогнозно-пошукової моделі об'єкта, і відповідно, оцінки нових перспективних територій.

3.3. Інтегрування дистанційних і геолого-геофізичних даних під час пошуково-розвідувальних робіт на поліметалеві руди

Розвиток методів і алгоритмів обробки різнорідних за своєю фізичною природою геопросторових дистанційних та геолого-геофізичних даних на основі інтеграції геоінформаційних технологій та методик перетворення матеріалів ДЗЗ дозволив сформувати нові напрями геологічних досліджень для вирішення актуальних у цій галузі знань проблем [46, 47]. З метою оцінки енергетичного та сировинного потенціалу окремих регіонів України наявні і перспективні на родовища розсипних і корінних поліметалевих руд площі в цьому аспекті потребують комплексного геоінформаційного аналізу.

Запропонований у праці [46] підхід інтегрального оброблення дистанційних аерокосмічних і геолого-геофізичних даних є інструментом підвищення геологорозвідувальних робіт на поліметалеві руди з метою удосконалення системи управління гірничодобувної галузі. Він дозволяє побудувати фізико-геологічну модель родовища, а саме: виявити площові утворення, що можуть відповідати геологічним об'єктам, отримати більш комплексну інформацію про геологічне середовище в їх межах, про перспективність та стосовно оцінки можливих запасів корисних копалин на тих чи інших площах. Це реалізується шляхом багатовимірного геопросторового моделювання та візуалізації параметрів схожості особливостей геологічного середовища ділянки досліджень з особливостями тестових (еталонних) геологічних об'єктів з апріорі відомими параметрами, що розташовані в її межах. У результаті передбачається отримати прогнозну класифікаційну картосхему перспективності на наявність цих об'єктів (наприклад, поліметалевих рудопроявів) на території, що досліджується, за комплексом дистанційних та геолого-геофізичних матеріалів.

Підхід

Для забезпечення змістовності інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних потрібна параметризація геологічного середовища — побудова модельного уявлення. Побудова модельного уявлення геологічного се-

редовища передбачає попереднє формулювання переліку параметрів, які підлягають визначенню, та геологічне обґрунтування можливих діапазонів їх значень. Кожному конкретному набору значень параметрів відповідає геологічна модель, якою визначається набір і планова конфігурація різноманітних геофізичних полів [48].

Як параметри для створення геологічної моделі території нами, насамперед, пропонується використовувати результати гравіметричних (карти локальних аномалій поля сил тяжіння, редукція Буге) та магнітометричних (карти локальних аномалій магнітного поля) досліджень (рис 3.16, 3.17). Крім того, необхідно залучати матеріали рельєфу місцевості у цифровому форматі за даними супутників типу Terra або Shuttle (рис 3.18) та довготривалі осереднення температури земної поверхні за результатами оброблення інфрачервоних зображень КА Landsat (рис 3.19). Усі ці дані потрібно подавати у вигляді растрових карт.

Дані стосовно рельєфу денної поверхні необхідно враховувати з огляду на вірогідні феноменологічні моделі взаємовідношення глибоко залягаючих структурних форм (особливо тих, які контрас-

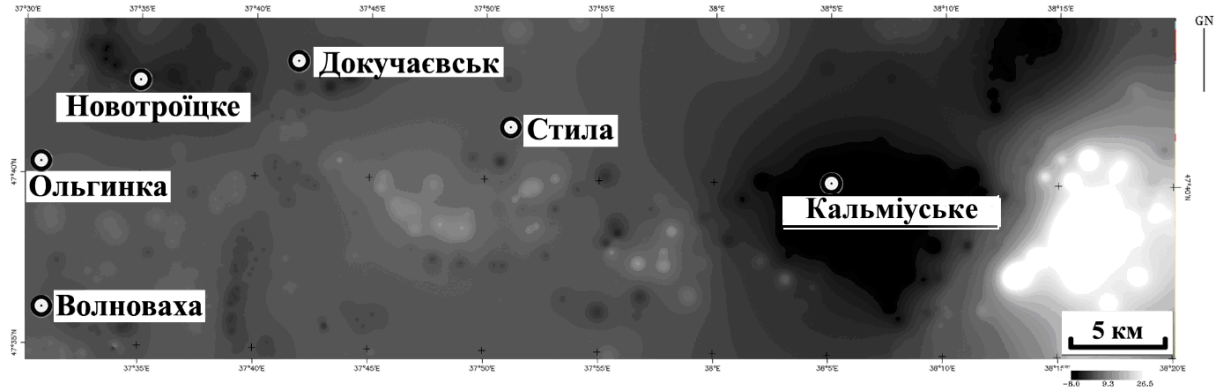


Рис. 3.16. Новотроїцька площа. Карта локальних гравітаційних аномалій Буге (*мГал*), растрове представлення

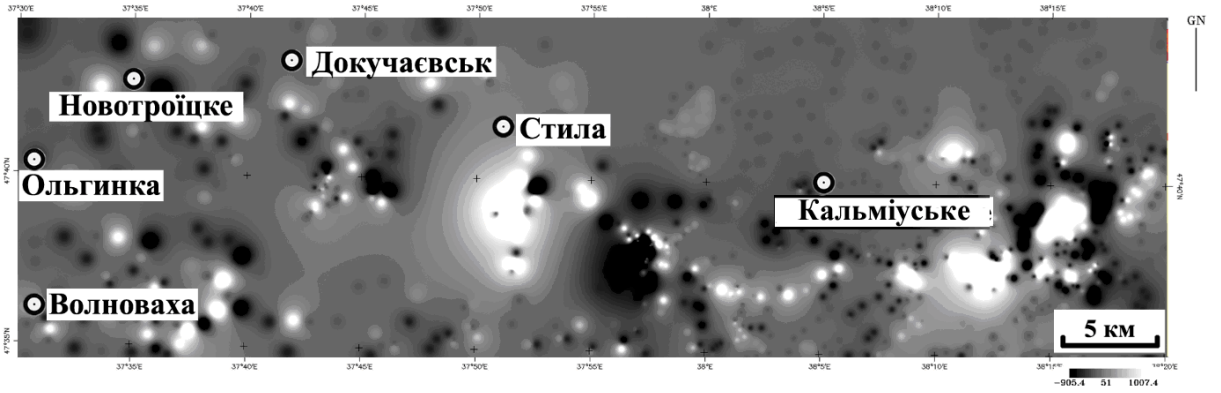


Рис. 3.17. Новотроїцька площа. Карта локальних магнітного поля (*нТл*), растрове представлення

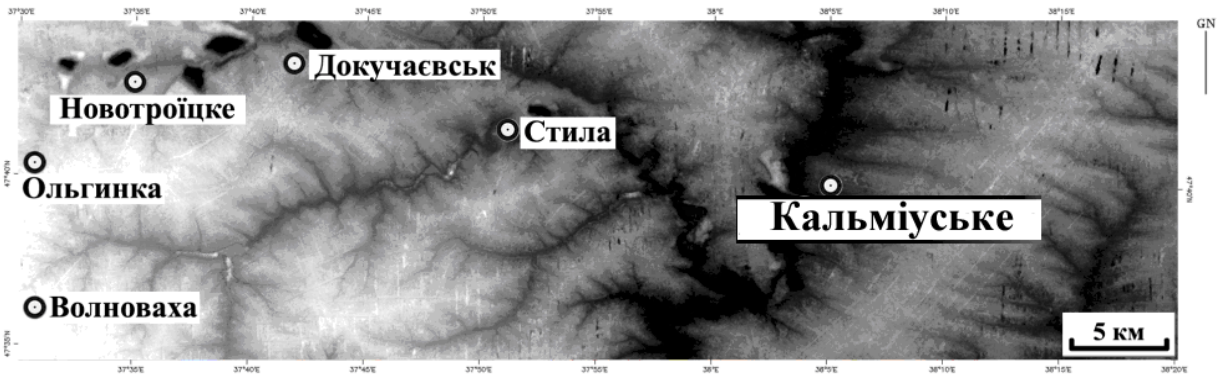


Рис. 3.18. Новотроїцька площа. Карта цифрового рельєфу (*м*) за ASTER-GDEM-даними з супутника Terra

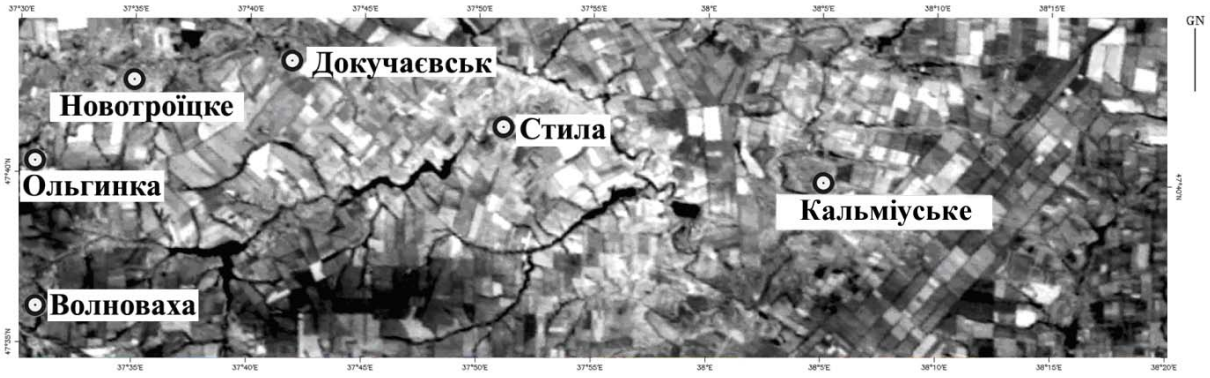


Рис. 3.19. Новотроїцька площа. Карта осередненої температура земної поверхні за результатами комп'ютерної обробки інфрачервоних зображень Landsat за липень 2009 р. (°С)

тно проявляються за структурно-речовинними неоднорідностями і деформаціями на їхніх границях) та їх поверхневого відображення. Ці моделі передбачають [46, 49], що рухливість зазначених структур на неотектонічному етапі тектогенезу призводить до деформацій сучасної земної поверхні, які проявляються не тільки прямими (очевидними) формами, а й ореолом різноманітних вторинних форм та інших особливостей. Характер цих деформацій, їхнє просторове окреслення визначають зону, в межах якої відбуваються ті чи інші процеси перетворення, а форма зони у плані дозволяє розрізняти тип глибинних об'єктів.

Осереднені дані з температури поверхні Землі, а найперше геотермальні аномалії тієї чи іншої її ділянки містять досить різнорідну інформацію, зокрема й ту, яку вони несуть як про безпосередньо власні джерела, так і про шари земної кори, що залягають вище, крізь які теплові потоки, змінюючись і перетворюючись в залежності від речовинного складу і ступеня проникності (структури) цих шарів, проходять на своєму шляху. Отож на основі застосування дистанційної теплової зйомки виявляють місця локалізації неоднорідностей в геологічному розрізі, які порушують над собою природне (фонове) геотермічне поле внаслідок різноманітних процесів і реакцій, що з ними пов'язані. Це можуть бути розривні порушення та інші глибокозанурені структури, які містять різні геологічні тіла, що диференціюються за своїми теплофізичними характеристиками, різноманітні корисні копалини, для яких властиві й в яких відбуваються екзотермічні реакції (зокрема поліметалеві та інші руди і мінеральні сполуки в зоні гіпергенезу), а також низка інших геологічних процесів й об'єктів геологічного генезису [45, 49].

Завданням дослідження, типово з нашим, є виявлення геологічних об'єктів — площових структурних утворень з певними геолого-геофізичними та дистанційними характеристиками — за результатами інтеграції всіх підібраних (а в ідеалі — усіх наявних геологічно інформативних) геопросторових даних [50]. Для інтеграції цих різнорідних даних, виявлення в них значиннєвих аномалій, слабо виражених і прихованих закономірностей та відновлення параметрів моделей використовуються відомі методи інтелектуального аналізу даних: класифікація, кластеризація, аналіз послідовностей і прогнозування тощо [51]. До таких методів належать розпізнавання образів з навчанням, дерева рішень, кластерний аналіз, аналіз часових серій, теорія динамічних систем [52].

Підхід до оцінювання перспективності території на корисні копалини полягає в комплексному описанні геологічного середовища як багатокомпонентної взаємопов'язаної динамічної природної системи набором інформативних ознак (рис 3.20), що непрямо підтверджують наявність покладів, вузлів, зон, родовищ. Цей підхід передбачає визначення комплексної схожості елементарних ділянок площ (чарунків) території, що досліджується, з портретами еталонних об'єктів шляхом обчислення оцінок близькості в багатовимірному ознаковому просторі [53].

Статистичний аналіз різнорідних геопросторових даних. Для формування карти схожості елементарних площ (чарунків) території дослідження (x) з еталонами застосовується статистична класифікація гіперкубу даних з навчанням за відстанню Махалонобіса di(x):

$$d_i(x)=\sqrt{\Delta y_i^{\mathrm{T}} V_i^{-1} \Delta y_i}\,, \qquad (3.1)$$

де Δy_i — вектор відхилення поточних значень елементів растра (гіперпікселів) від вектора середніх i-го класу, Т — знак транспонування вектора, V_i — коваріаційна матриця i-го класу.

Для всіх класів створюються імовірнісні карти розподілу $f_i(x)$:

$$f_i(x)\cong \exp\left(-\frac{d_i^2(x)}{2}\right). \qquad (3.2)$$

Тут $f_i(x)$ — це щільність імовірності приналежності поточного елемента растру (гіперпікселя) класу i.

Злиття імовірнісних карт класів позитивних та негативних прикладів здійснюється за допомогою байєсівського висновку [54–57]:

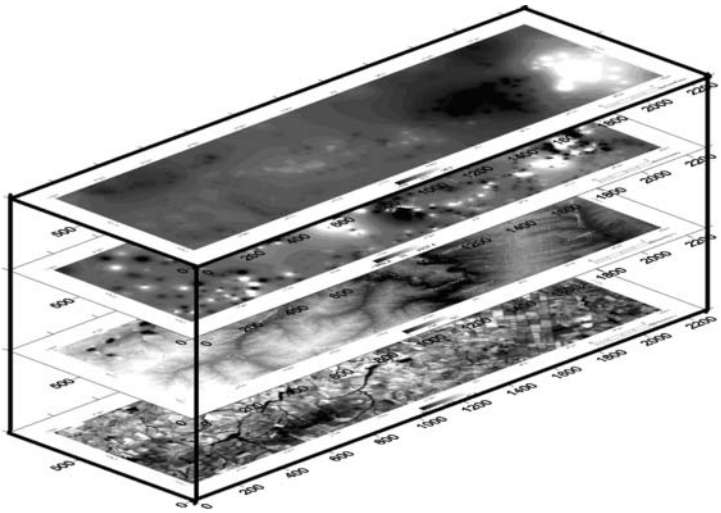


Рис. 3.20. Набір (гіперкуб) різнорідних геопросторових дистанційних та геолого-геофізичних даних (координати умовні, пікселі)

$$p_i(x)=\frac{a_i f_i(x)}{\sum_j a_j f_j(x)}, \qquad (3.3)$$

де $p_i(x)$ — апостеріорна імовірність i-го класу за Байесом, a_i, a_j — апріорні імовірності класів i та j; i — зовнішній, поточний клас, j — внутрішній клас (за ним ведеться сумування всередині кожного з класів i).

Результатом байесівського злиття є інтегральна картосхема території дослідження, на якій відображено просторовий розподіл апостеріорної імовірності схожості поточного чарунка ділянки з еталонними зразками. Конкретні отримані результати дослідження Новотроїцької ділянки УЩ розглянемо нижче.

3.4. Результати прогнозування покладів поліметалевих руд на Українському щиті на підставі інтегрування дистанційних і геолого-геофізичних даних

Для перевірки можливості оцінювання перспективності на поліметалічні руди нами була досліджена Новотроїцька ділянка Південнодонбаської приозломної вулкано-тектонічної западини (район зони зчленування Донецького кам'яновугільного басейну з Приазовським кристалічним масивом УЩ, рис. 3.21) шляхом багатовимірного геопросторового моделювання та візуалізації параметрів схожості особливостей геологічного середовища цієї ділянки з особливостями відомого Миколаївського родовища урану, що розташоване в її межах [58–61] та ін.]. У результаті передбачалося отримати прогнозну класифікаційну картосхему перспективності поліметалічних рудопроявів указаної території за комплексом дистанційних та геолого-геофізичних матеріалів.

Геолого-геофізична характеристика території дослідження

Переважна частина Новотроїцької ділянки належить до адміністративного складу двох районів Донецької області — Волноваського і Старобешівського та займає площу близько 1.2 тис. $км^2$ (див. рис. 3.18, 3.19). У регіональному плані ділянка тектонічно приурочена до зони сполучення великих геоструктур: Донецького басейну та Приазовського кристалічного масиву. Гірські породи цієї зони зчленування розподіляються на різні за віком та складом групи, утворюючи триярусну будову території. Найбільш давні утворення архей-протерозойської групи складають перший — докембрійський структурний ярус, що представлений інтенсивно метаморфізованими, ультраметаморфізованими та інтрузивними різновидами. Другий ярус (відповідає герцинській епосі складчастості) формує палеозойська товща девонських та кам'яновугільних осадово-інтрузивних відкладів. Третій структурний ярус (альпійський) утворює слабозцементовані мезозойські відклади (крейдового віку) та пухкі породи кайнозойської групи, що розповсюджуються по усій території у вигляді покриву різної товщини. Маючи дуже складну блокову будову з широким проявом розривної тектоніки, структурні яруси розділені між собою стратиграфічною та структурною незгідністю.

Найбільш розповсюдженими типами структур у межах Новотроїцької ділянки є диз'юнктивні порушення різної протяжності, глибини та віку закладання. Серед головних розломів виділені [63 та ін.] такі системи за напрямками: північно-західні, субмеридіальні — розломи глибокого закладання, такі як Новотроїцький підкид (азимут простягання 80–85°),

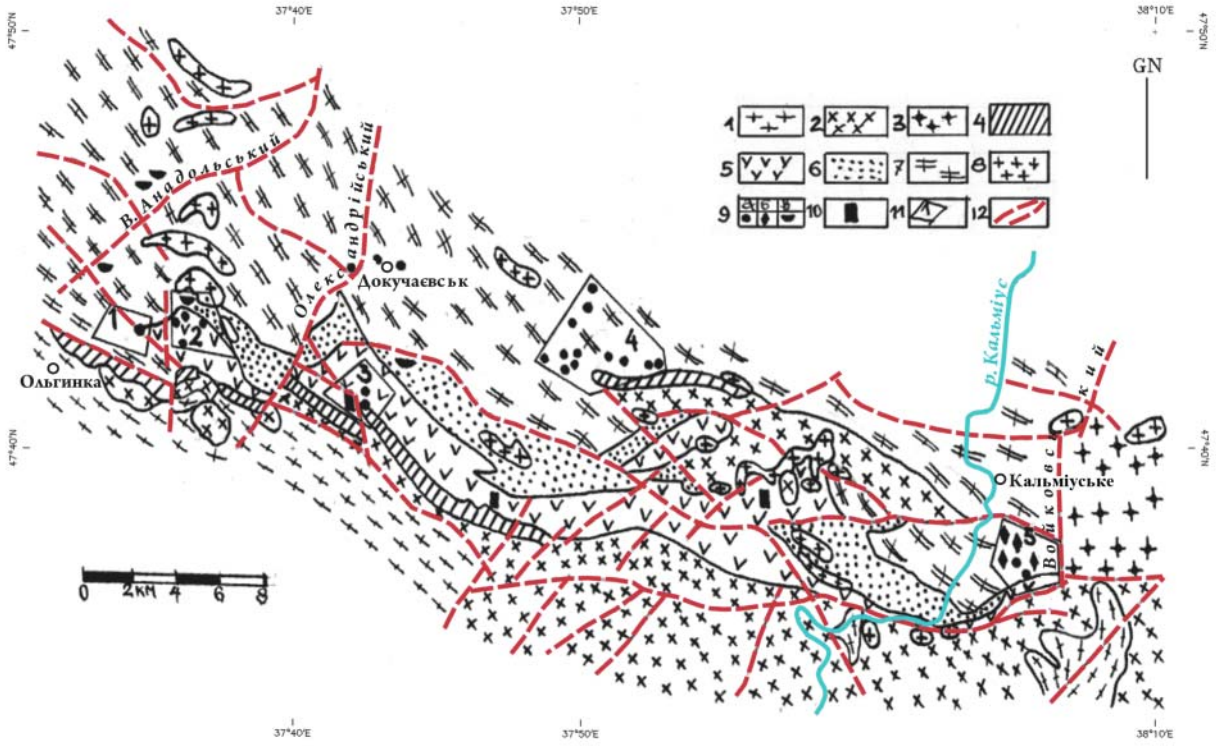


Рис. 3.21. Схема геологічної будови Південнодонбаського грабена [60] — Новотроїцька ділянка.
1–3 — породи докембрійського фундаменту: 1 — гнейси; 2 — граніти аляскітові, мікроклінові; 3 — граносієніти; 4–8 — фанерозойські осадові та магматичні породи: 4 — миколаївської світи девону (гравеліти, пісковики, сланці); 5 — антон-тарамської світи девону (діабазові порфірити, туфи); 6 — долгінської й роздольненської світ девону (пісковики, конгломерати, сланці); 7 — візейського і турнейського ярусів карбону (вапняки, доломіти, сланці); 8 — пермські андезитові порфірити, трахіандезити, сієніт-порфіри; 9–11 — уранове та торій-уранове зруденіння: 9 — у породах фанерозою: а) девону, б) карбону, в) кайнозою; 10 — у породах докембрійського фундаменту; 11 — площі прояву зруденіння: 1) балка Велика Борсукова, 2) балка Мокра Мандрикіна, 3) Миколаївське родовище, 4) Стильська площа, 5) Войковська площа; 12 — розломи та їх назви

Олександрійський скид (азимут простягання 80–85°) та Войковський насув; з північно-східних розломів глибинного походження слід відмітити Великоанадольський (азимут простягання 40–90°), Петровський (азимут простягання 80°) та Камишеваський (азимут простягання 65°) скиди; з субширотних — Васильківський підкид глибинного генезису з крутими (70–80°) кутами падіння та розломи глибинного закладання — Південноволноваський (азимут простягання 45–60°), Північноволноваський (азимут простягання 45–60°), Миколаївський (азимут простягання 80°) скиди та багато інших. Розломи, за рядом ознак та проявів різновікового магматизму, зазнали декількох етапів активізації.

З найбільш великих блокових структур виділяються такі позитивні структури — Північний виступ Приазовського масиву, Стильський та Камишеваський горсти та Єланчицький виступ на північному сході ділянки. Від'ємною структурою є Південно-Донбаський грабен.

Стильський горст простягається від Войковського насуву на сході до с. Степове на заході. Це лінійна субширотна структура, що обмежена розривними порушеннями і перекрита вапняками нижнього карбону, які залягають як на докембрії, так і на відкладах миколаївської та антон-тарамської світ девону.

Камишеваський горст — це поперечна до Стильського горсту структура північно-східного напрямку, яка оконтурена Петровським та Камишеваським розломами. Покрово-Киреєвська структура (Єланчицький виступ), площею близько 60 *км*^{2}, розміщується на крайньому сході ділянки в перетинанні зони зчленування Донецького басейну з Приазовським масивом та Грузько-Єланчицькою тектонічною зоною.

Південнодонбаський грабен заклався уздовж Волноваської розломної зони. Грабен обмежений з півдня Приазовським масивом, з півночі — Стильським горстом, із заходу — Новоукраїнським, зі сходу — Камишеваским підняттями докембрійського фундаменту [62].

Формування поліметалічних родовищ при гідротермальному мінералоутворенні є довготривалим і відбувається за різних фізико-хімічних умов, які впливають на розвиток тектоніки. Генетичний процес рудоутворення характеризується великою перервою в часі [64 та ін.] та розділений великими тектонічними порушеннями. На стадії мінералізації відбувається накопичення як рудних мінералів, так і жильних. Територія Новотроїцької ділянки має декілька просторово розподілених проявів зруденіння: балка Велика Борсукова, балка Мокра Мандрикіна, Миколаївське родовище, Стильське, Войківське (див. рис. 3.17).

Аналіз гравіметричних, магнітометричних карт [65] показує, що геофізичні поля території Новотроїцької ділянки мають диференційний характер. Переважна частина розривних порушень чітко фіксується в геофізичних полях лінійними від'ємними магнітними та гравітаційними аномаліями, різкими градієнтами та зонами підвищеної електропровідності.

У регіональному плані амплітуда гравітаційного поля з півночі на південь змінюється з $0.2 \cdot 10^3$ до $0.3 \cdot 10^{-3}$ *м/с*², із заходу на схід — з $0.2 \cdot 10^{-3}$ до $0.7 \cdot 10^{-3}$ *м/с*². Ізолінії поля простягаються у різних напрямках. Так, у південній частині ділянки ізолінії поля сили тяжіння простягаються у північно-західному напрямку. На півночі ізолінії гравітаційного поля простягаються в субмеридіальному напрямку, амплітуда поля коливається в межах $(0.24–0.3) \cdot 10^{-3}$ *м/с*². На сході ізолінії поля мають північно-східне простягання. Тут відмічається велика за площею гравітаційна аномалія інтенсивністю до $0.7 \cdot 10^{-3}$ *м/с*². Аномалія на заході обмежується чіткою зоною повного горизонтального градієнта з амплітудою порядку $0.05 \cdot 10^{-3}$ *м/с*²·*км*.

Для території Новотроїцької ділянки у загальному плані притаманний складний характер магнітного поля з від'ємним фоном та амплітудою порядку —100–400 нТл. На фоні від'ємного поля ΔZ у північно-західному напрямку за азимутом 315° простягається смуга шириною 3–4 *км* додатних магнітних аномалій амплітудою 100–800 нТл. Довжина смуги — до 30–40 *км*. На заході вона роздрібнюється на дрібні аномалії різної величини, форми та напрямку простягання.

Аномалії магнітного поля території в плані майже збігаються з гравітаційними. Насамперед додатні аномалії магнітного поля збігаються з додатними аномаліями поля сили тяжіння. Як правило, лінійні витягнуті від'ємні аномалії ΔZ припадають на осі максимальних градієнтів або на лінії порушення кореляції аномалій гравітаційного поля. Різноспрямованість аномалій геофізичних полів та велика кількість зон градієнтів, ліній порушення кореляції аномалій полів свідчать про те, що досліджувана територія має дуже складну тектонічну будову. Крім зазначених вище диз'юктивів Новотроїцьку ділянку загалом перетинають: на заході — Широкинсько-Олександрівська зона глибинних розломів, через центральну частину проходить Кальміуська зона розривних порушень, на яку накладається Октябрьсько-Камишеваська зона глибинних розломів.

Миколаївське родовище у плані витягується в субширотному напрямку, вздовж зони контакту порід докембрію та палеозою протягом майже 10 *км* і містить 5 урановорудних тіл (з заходу на схід: Водороздільне, Західне, Центральне, Східне та Богданівське) [66].

Миколаївська площа має складну геологічну блокову будову. Її структура обмежена Максимівським, Бакламишівським, Гарняцьким розломами глибинного закладання і Богданівською зоною тектонічних порушень субмеридіального напрямку, які перетиняються з субширотно розташованими Миколаївським, Хайначохраським та Антон-Тарамським диз'юктивами. Рудні тіла розміщуються, головним чином, поблизу межі незгідності палеозою з докембрієм та зосереджені в базальних шарах "білого" девону. Середній відділ девонської системи виражений ейфельським та живетським ярусами, які формують миколаївську світу. Він представлений пісковиками, гравелітами, вапняками доломітизованими, доломітами, глинистими сланцями. Рудовмісні аркозові пісковики супроводжуються епігенетичними змінами типу аргілітизації, хлоритизації, окварцювання, карбонатизації, озалізнення та піритизації. З ефузивами антон-тарамської світи пов'язані прояви Cu, Co, Mn, Pb [62].

Верхній відділ девону в межах Миколаївської площі представлено франкським та фаменським ярусами. В їх межах залягають: у раздольненській та в долгінський світах (нерозчленованих) товщиною від 40 до 450 *м* — пісковики, конгломерати вулканоміктові, гравеліти, алевроліти, сланці, прошарки туфітів та туфітового алевроліту; в антон-тарамській світі, товщиною 150–200 *м* — базальти, лавобрекчії, туфобрекчії, туфи основного складу, вапнякова брекчія.

Основні результати прогнозування покладів поліметалічних руд на основі інтегрування дистанційних і геолого-геофізичних даних

У результаті обробки різнорідних гетерогенних даних отримано растрову картосхему розподілу апостеріорної імовірності схожості поточної елементарної площі (чарунка) Новотроїцької ділянки з еталонними. З певними обмеженнями її можна трактувати як вихідну прогнозну класифікаційну картосхему поліметалічних рудопроявів зони зчленування південно-західної окраїнної частини Донецького кам'яновугільного басейну з північним схилом Приазовського масиву УЩ. Картосхему проранжовано на 18 класів прогнозного кількісного вмісту поліметалів (рис. 3.22).

Отримана класифікаційна картосхема [58–60] дозволяє виявити локальні площові утворення (або вузли), що можуть відповідати геологічним об'єктам, перспективним на поліметалеві руди та непрямо підтверджують наявність рудовмісних тіл. Зокрема, як найбільш перспективні виділяються понад 20 локальних площ з розмірами від 0.1×0.1 км до 7.0×7.0 *км*, що можуть відповідати потенційно рудоносним вузлам. Вони розташовані в балках річок Мокра Волноваха, Суха Волноваха, Камишеваха, Грузький Єланчик та Кальміус, у районі сіл Стила та Кумачове, біля гори Гуляєва і курганів Могила-Довга та Могила-Чорна.

З заходу на схід місцеположення цих площ таке:

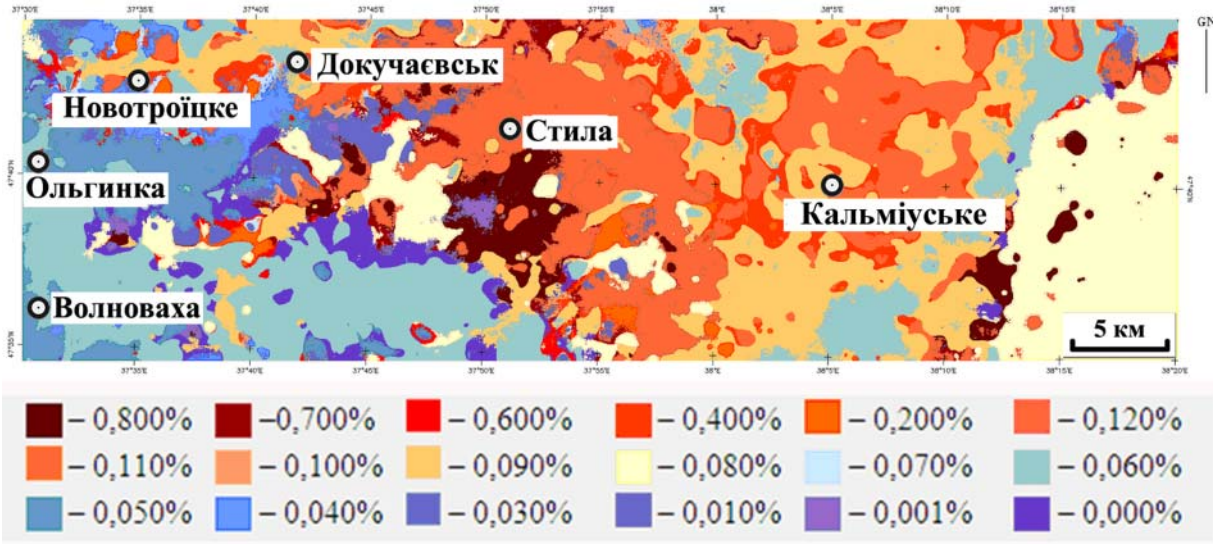


Рис. 3.22. Класифікаційна картосхема перспективності Новотроїцької ділянки на вміст поліметалічних руд (%)

р. Мокра Волноваха біля с. Максимівка (розмір 1.2 × 1.0 *км*); балка р. Мокра Волноваха (1.5 × 1.0 *км*); р. Мокра Волноваха (1.0 × 0.12 *км*); ліва балка р. Мокра Волноваха (2.0 × 1.0 *км*); курган Могила Довга (0.5 × 0.5 *км*); лівий берег р. Мокра Волноваха — балка Антон-Тарама (1.0 × 0.5 *км*); р. Мокра Волноваха (лівий та правий береги) біля основи балки Антон-Тарама (1.5 × 1.5 *км*); балка Хайначохрах р. Мокра Волноваха (1.0 × 0.5 *км*); три площі між р. Суха Волноваха та с. Стила (1.0 × 0.5 *км*, 1.0 × 0.4 *км*, 0.6 × 0.2 *км*); Петровська площа (7.0 × 7.0 *км*) між р. Мокра Волноваха та балками р. Камишеваха; ліва балка р. Камишеваха (1.0 × 0.5 *км*); дві площі між р. Мокра Волноваха та правою балкою р. Кальміус (1.0 × 0.5 *км*, 0.5 × 0.5 *км*); поряд з курганом Могила Чорна (2.0 ×1.0 *км*); Воровська площа — правий берег р. Грузький Єланчик (1.0 × 0.5 *км*); район верхів'я балки Першої та балки Другої р. Грузький Єланчик (5.0 × 3.5 *км*); балка Миронова р. Грузький Єланчик (1.0 × 1.0 *км*); дві площі біля с. Кумачове (0.8 × 0.4 *км*, 0.5 × 0.2 *км*); дві площі біля гори Гуляєва (4.0 × 1.5 *км*, 0.5 × 0.5 *км*); верхів'я р. Грузький Єланчик — 3 площі (0.1 × 0.1 *км*, 0.5 × 0.5 *км*, 2.0 × 1.0 *км*).

На площах балок Велика Барсукова та Мокра Мандрикіна за результатами інтегральної обробки/інтерпретації даних вміст поліметалів нами оцінено в 0.04–0.11%. Разом з тим у балці Мокра Мандрикіна, де докембрійські породи та утворення миколаївської світи девону січуться дайками трахіандезитів, дацитів, трахіліпаритів товщиною від 15 до 25 *м*, у контакті цих дайок з вапняками девону виявлені епідот-хлоритові скарни із сульфідною мінералізацією (пірит, халькопірит, піротин, халькозин, борніт), магнетитом, гематитом. Вміст міді на 3 *м* складає у цьому районі у середньому 0.91% (максимальне значення — 1.34%), а кобальту — 0.3% [62].

Висновки й перспективи подальших розвідок

Отримані результати дозволяють зробити висновки, що інтегральна обробка різнорідних гетерогенних даних (геологічних, геофізичних, аерокосмічних) може принципово підвищити ефективність геологорозвідувальних робіт на поліметалеві руди: оперативно і з відносно невеликими фінансовими і трудомісткими затратами оцінювати перспективність територій на поліметалеві рудопрояви, картувати відповідні локальні площі, давати практичні рекомендації стосовно планування конкретних детальних пошуково-розвідувальних досліджень. Подальше вдосконалення інтегрального перетворення/інтерпретації комплексу різнорідних даних з метою оптимізації рудопошукових робіт вбачаються нами в залученні до оброблення результатів структурно-геодинамічного дешифрування матеріалів ДЗЗ, а також морфометричних побудов як на підставі даних топографічних карт, так і аерокосмічного знімання, результатів фізико-механічних і фізико-хімічних параметрів геологічного середовища, що отримані на підставі вимірів відповідними геолого-геофізичними методами.

Одержані нами просторові розподіли локальних площ (або потенційно рудоносних вузлів), що перспективні на поліметали (див. рис. 3.22), добре корелюються з відомими уявленнями щодо геологічної будови та геофізичних особливостей території Новотроїцької ділянки (див. рис. 3.16–3.18), а також з даними польових відборів і лабораторних визначень концентрацій рудної сировини в її межах. На наш погляд, особливої уваги під час подальших досліджень заслуговують локальні площі більших розмірів. Насамперед, це Петровська площа розміром 7.0 × 7.0 *км*, що розташована між р. Мокра Вол-

новаха та балками р. Камишеваха. Вона приурочена до Камишеваського горста, який являє собою поперечну до Стильського горста структуру північно-східного простягання, що оконтурена Петровським та Камишеваським розривними порушеннями.

Великий пошуковий інтерес приковують до себе також площа в районі верхів'я балок Першої та Другої р. Грузький Єланчик (розмір 5.0 × 3.5 *км*) та площа біля гори Гуляєва (4.0 × 1.5 *км*).

В багатьох європейських країнах буре вугілля (лігніт) займає гідне місце в національних енергобалансах. Компанії, які видобувають буре вугілля в Україні, орієнтуються на внутрішні і зовнішні постачання в надії домогтися співвідношення 50/50. Запаси бурого вугілля по областях України наведено на рис. 3.23.

3.5. Методика дистанційного пошуку покладів бурого вугілля шляхом інформаційного інтегрування даних багатоспектральної аерокосмічної зйомки і геолого-геофізичних даних

За оцінками експертів, незважаючи на істотне скорочення обсягів видобутку за останні роки, вугільна промисловість нашої країни має значні перспективи для розвитку. Буре вугілля в кінці минулого століття займало важливе місце у паливно-енергетичному балансі України. Частина вугілля з високими вмістом бітумів використовувалась для екстрагування гірського воску, який являється цінною речовиною, що застосовується у різних галузях промисловості. Встановлена принципова можливість отримання з бурого вугілля рідкого палива, різних смол, горючого газу, напівкоксу та інших цінних хімічних

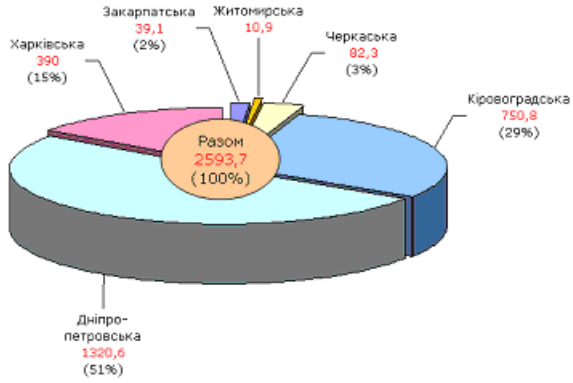


Рис. 3.23. Розподіл балансових запасів бурого вугілля по адміністративних областях України (млн т)

продуктів. Поступовий спад обсягів добування бурого вугілля почався у другій половині минулого століття (рис. 3.24). Всього по Україні із 80 існуючих підприємств, діє тільки 3, а видобуток складає лише 5 тис. т. На 2012 рік загальні промислові запаси бурого вугілля становлять — 2 593 303 тис. т (категорії А+В+С1), та 299 181 тис.тон категорії C_2. Всього в Україні розвідано 79 об'єктів вуглевидобування, з них 5 діючих. Видобування в 2012 році здійснювалось тільки в Закарпатті 15 тис. т [67].

Загальні запаси бурого вугілля в Україні, за даними Міністерства енергетики та вугільної промисловості, можна оцінити у 6–8 млрд т. Вони, головним чином, зосереджені у Дніпровському буровугільному басейні (Дніпробас), що розташований в межах Вінницької, Житомирської, Київської, Черкаської, Кропивницької, Дніпропетровської і Запорізької областей України. Дніпробас простягається з південного заходу на південний схід вздовж середньої течії р. Дніпро на 680 *км* при ширині від 70 до 175 *м*. Загальна площа басейну — біля 150 тис. $км^2$ (рис. 3.25). Наявність вугілля в Дніпровському буровугільному басейні (ДББ) відома з XI століття. Інтенсивна розробка ведеться з 1946 р. Починаючи з цього часу до початку 90-х років минулого століття продовжувалися інтенсивні пошукові та дорозвідувальні роботи на буре вугілля в межах центральної частини Українського щита. В експлуатації знаходилося 9 родовищ, на площі яких працювало 7 шахт і 7 вугільних розрізів із сумарною річною виробничою потужністю 10.1 млн тон. У ДББ розташовано більш 150 відособлених родовищ бурого вугілля. Загальні геологічні запаси становлять 5 млрд т, розвідані — 2.4 млрд тон, з яких 0.5 млрд тон придатні для відкритої розробки.

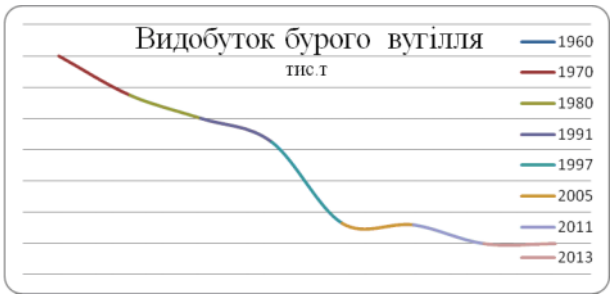


Рис.3.24. Динаміка обсягів видобування бурого вугілля в Україні (тис.тон)

В Дніпровському басейні зосереджені запаси бурого вугілля. На відміну від кам'яного вугілля, воно має більш низьку теплотворну здатність. Розробка буровугільних родовищ проводилася підземним та відкритим способом (шахтним та на вуглерозрізах). Частка відкритих розробок становить 88.2%. Глибина залягання пластів невелика — максимальна 100 *м*. Середня глибина розробки пластів на шахтах сягає 90 *м*, на розрізах — 64 *м*.



Рис. 3.25. Розташування Дніпровського буровугільного басейну в Центральній частині України

Геологічні особливості Дніпробасу

Вугленосні відклади кайнозойського віку приурочені до численних депресій на поверхні УЩ. Середня потужність вугленосної товщі складає 15–25 *м*. Вугленосна товща складає від одного до двох-трьох горизонтів вугільних пластів. Середня потужність пласта 4–5 *м*. Глибина залягання пластів від 10 до 150 *м*, але частіше знаходиться в інтервалі 40–80 *м*, що дозволяє значну запасів бурого вугілля в Дніпробасі розробляти відкритими способом..

Стратиграфія вугільного басейну має відносно нескладний характер. Нижній структурний ярус складають породи кристалічного фундаменту і продукти їх вивітрювання. Середня потужність каолінової кори вивітрювання складає 20–30 *м*, іноді досягає 50–60 *м*. Місцями кора вивітрювання відсутня, розмита на при піднятих ділянках та у долинах річок. Прямо на корі вивітрювання залягає бучацька свита — представлена континентальною фацією — пісками, каолінами, вуглистими глинами, бурим вугіллям. Вугільні товщі перекриті харківськими відкладами палеогену, неогеново-четвертинними верствами.

В еоцені вугленосними є канівські, бучацькі відклади, що в межах осьової лінії УЩ стають більш вугленасиченими і мають шари бурого вугілля яке, на думку багатьох вчених, накопичувалось у прибережно-морських умовах (смт Городище, Сміла), а у Болтишській западині цементуюча маса представлена матеріалом вулканічного попелу і уламками туфів кислого складу [68–70]. Серед вуглистих відкладів зустрічаються прошарки бурого вугілля з сумарною потужністю до 30 *м*.

В межах ДББ вугленосні утворення залягають, головним чином, на первинних каолінах кори вивітрювання та рідше на породах юрського, крейдяного, палеогенового віку, перекриваються морськими відкладами київського віку. Відклади межигірської свити харківської серії олігоцену також вміщують вуглисті породи та вторинні каоліни

Тектоніка. Територія басейну є типовою платформною структурою з двоярусною будовою. Нижній поверх складено кристалічними породами докембрію еродованими, пенепленезованими, вирівняними, ускладненого формами рельєфу типу річкових долин, що утворилися в результаті ерозійно-тектонічних процесів. Ці долини характеризуються складною розгалуженістю (дендритовидною структурою) і значною протяжністю (до 100–150 *км*). Верхній осадових комплекс плащоподібно перекриває породи фундаменту і кору вивітрювання. У передпалеогеновий час територія мала вигляд горбистої рівнини з широким розвитком річкових долин. В бучацький час пониження рельєфу були виповнені континентальними вугленосними відкладами, а згодом перекриті теригенними відкладами кайнозою. Для вугільних покладів характерна надзвичайно складна конфігурація верств, різка лінійна переривчастість пов'язана як з тектонічними так і ерозійними процесами (вторинний розмив).

Блокові неоднорідності докембрійського фундаменту регіону УЩ є результатом його складної геологічної еволюції, що мала істотний вплив на формування відмінностей у будові і складі осадового покриву, у тому числі і його вугленосних утворень, розвинених в окремих структурах УЩ. Ступінь тектонічної активності УЩ чітко контролює характер рельєфу фундаменту, палеогеографічні умови та тор-

фонакопичення у різних його структурах на всіх їх ієрархічних рівнях геологічно-структурного плану.

Вугленосність. Сприятливими передумовами і факторами захоронення органічих речовин в палеобасейнах є тектонічний режим, а саме повільні коливальні рухи земної кори на фоні загального опускання, рівнинний (низинний рельєф), значний об'єм рослинної біомаси та вологий клімат. З початку палеоцену УЩ почав поступово занурюватися і в кінці палеоцену на початку еоцену піднімається базис ерозії і складаються сприятливі умови заболочування великих площ. Починаючи з верхнього еоцену поверхня щита переходить від занурення до підняття. Однак базис ерозії, був ще досить високим, що сприяло торфонакопиченню.

Особливості допалеогенового рельєфу полягають у тому, що він мав вирівняний характер, але з наявністю мережі депресій і улоговин, що контролюються структурними особливостями докембрійського фундаменту: ступінчасте занурення з північного заходу на південний схід. Відмічається нахил в сторону Дніпрово-Донецької і Причорноморської западин та збільшення глибини ерозійного врізу в тих саме напрямках. Для родовищ Дніпробасу також відмічається ускладнення будови вугільної товщі та збільшення зольності у напрямку до Дніпрово-Донецької та Чорноморської западин.

Генезис. Формування материнських торфовищ відбувалося в умовах затухаючої діяльності річкових систем переважно за рахунок вищих рослин. Заболочування річкових систем, зумовлене інгресією моря, сталося достатньо різко в результаті чого буровугільні поклади скрізь „покладено" на руслові відклади, слабко сортовані гравелісті піски. Палеорічки мають загальне субмеридіональне орієнтування з нахилом днища на північ, північний — схід в бік ДДЗ. Накопичення торф'яної маси відбувалося як автохтонно так і алохтонно при відносно нестабільному гідродинамічному режимі. Зміни потужності та морфології пластів зумовлені головним чином нерівностями ложа торфонакопичення. В цілому до центральних частин депресій потужність вугільних пластів звичайно збільшується до 40–60 *м*, а будова стає більш простою, у периферійній частині покладів потужність складає 10–20 *м*. Глибина залягання змінюється від 5 до 160 *м* [68, 70–73].

Взагалі, переривчасто замкнені поклади бурого вугілля пов'язані з тектоно-магматичними депресіями. Ці депресії утворюють певні системи, що групуються у дугові і кільцеві від'ємні структурно геоморфологічні елементи. Виявлена чітка відповідність бучацької вугільної товщі до периферійних частин куполів і міжкупольних ділянок [69].

Для Інгульського мегаблоку характерна присутність вулканогенних порід у розрізах вугільного покладу, що свідчить про тектонічну природу вугленосних депресій. Співпадаючі з ним тектоно-магматичні підняття у період торфонакопичення є активними елементами, де проявляються ін'єктивні дислокації і вулканічні процеси, а депресії є структурами акумуляції органічного, теригенного та вулканічного матеріалів. В межах блоків спостерігається наступна закономірність — підняття без вугілля, западини — вугленосні, але найбільші потужності вугілля в депресіях (понижених блоках) тяжіють до підвищень рельєфу фундаменту [74].

Оскільки основні родовища бурого вугілля Дніпробасу знаходяться в континентальних відкладах бучацької світи, що збережені в пониженнях (депресіях кори вивітрювання кристалічних порід), тому пошуки бурого вугілля безперервно пов'язані з пошуками депресій і пов'язаних з ними палеодолинами, що зафіксовані на поверхні кристалічного фундаменту та його корі вивітрювання. Депресії характеризуються коритоподібною формою з симетричними схилами. В плані палеодолини мають звивисту форму з прорізаними правими і лівими притоками та окремими розширеннями і звужуваннями, характерними для рівнинних рік. Глибина депресій складає 20–60 *м*.

Формування моделей прояву родовищ бурого вугілля на денній поверхні та відображення їх на матеріалах космічної зйомки на прикладі окремих еталонних ділянок

Визначальним для формування товщі бурого вугілля в межах Українського щита був палеорельєф поверхні та його структурно геоморфологічні особливості. В межах депресій фундаменту існували водні басейни та торфові болота які мали постійний чи тимчасовий зв'язок з бучацьким морем. Депресії та гідромережа закладалася і контролювалася розломною структурою УЩ. Рельєф території бучацького часу території Дніпробасу сформувався під впливом палеотектонічних і тектоно-магматичних чинників, які і визначали межі озерно-болотних і долинних осередків вугленакопичення.

Попередніми дослідженнями встановлено, що місця знаходження родовищ тяжіють до понижених блоків фундаменту та палеобасейнів мезо-кайнозойського віку, ближче до їх бортів та незначних підвищень поверхні фундаменту. Накопичення бурого вугілля відбувається під час переходу від морських до континентальних умов, тобто в перехідний період або в континентальних відкладах.

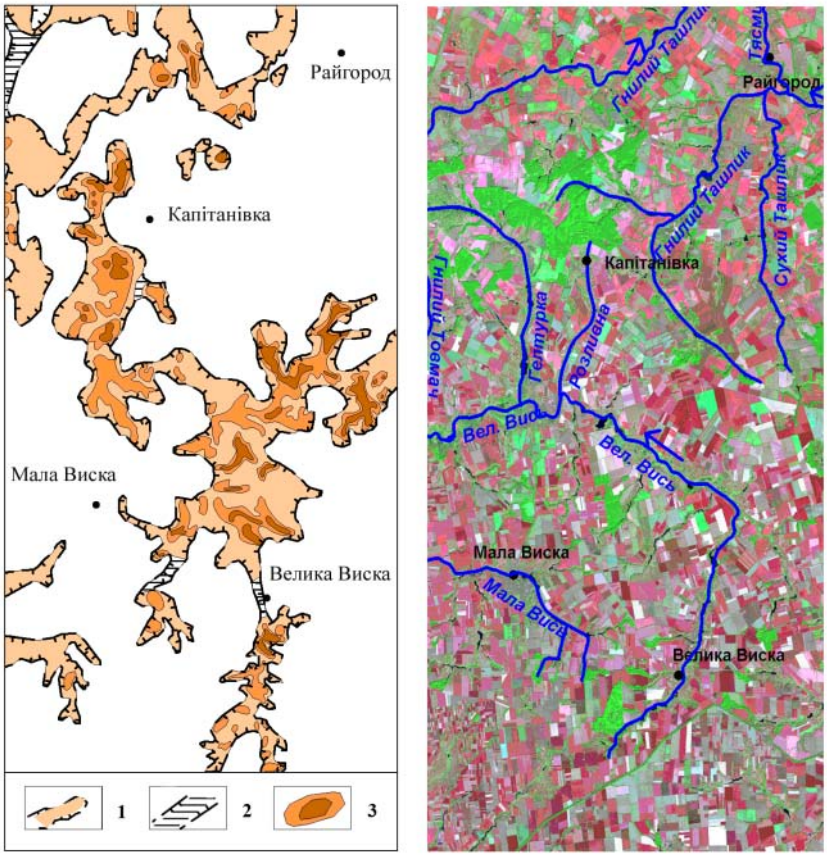
Проведено зіставлення сучасної гідромережі з мережею понизь і палеодолин виповнених бучацькими відкладами (рис. 3.26). Попередній аналіз сучасної долинно-балкової мережі з мережею палеодолин, які вміщують вугленосні відклади не виявив прямої відповідності. Причина цього полягає в тому, що у бучацький час головний базис ерозії знаходився в межах ДДЗ, а сучасний базис у Чорноморській западині. В результаті зміни місцезнаходження головного базису ерозії головний вододіл від бучаць-

кого віку змістився на північ, що зумовило значну перебудову більш пізніх річкових долин. Саме тому нинішня гідромережа тільки фрагментарно успадковує палеодолини.

Неглибоке залягання вугленосних депресій та успадкування ними рельєфу кристалічного фундаменту дає значні перспективи для неотектонічного та структурно геоморфологічного аналізу на основі матеріалів ДЗЗ.

Приуроченість бурого вугілля українські вчені пов'язують не тільки з пониженнями, де накопичуються органічні рештки, а також з місцями підвищеної флюїдопроникності, тобто місцями активних на час вуглеутворення розломів, що обрамляють пониження. В таких умовах створюється газонасичене середовище, в якому і може протікати процес утворення саме лігнітів [74, 75]. Отже родовища тяжіють до понижених блоків фундаменту та палеобасейнів мезо-кайнозойського віку, ближче до їх бортів і формуються під час переходу від морських до континентальних умов і навпаки. На рис. 3.27 показано основні вугленосні території Дніпробасу. Загальна схема дає можливість встановити лише загальні закономірності розповсюдження покладів бурого вугілля. Це північно-східне простягання палеодолин, значні субширотні перехвати потоків (прохідні долини), та доволі широкі смуги поширення вугленосних бучацьких відкладів.

Гіпсометричний аналіз суходолу бучацького віку вказує на низинній характер поверхні з незначними перевищеннями вододільних ділянок [69–76]. Низини бучацького часу наслідують розломи кристалічного фундаменту. Незначні відносні перевищення рельєфу спричинили формування слабко розгалуженої системи річок які спрямовувались до побережжя або до ізольованих озерних котловин. Головний базис ерозії знаходився у межах ДДЗ. Вододільна лінія бучацького періоду була орієнтована з південного сходу на північний захід і дещо зміщена відносно сучасного вододілу [77]. Зараз головним базисом ерозії цього регіону є Чорноморський басейн, що безумовно вплинуло на місцезнаходження сучасного вододілу. Нами було проведено сучасний вододіл, що ділить басейни Дніпра, Інгулу і Інгульця та за напрямом та структурою долиноподібних понижень виповнених бучацькими відкладами реконструйовано ймовірний вододіл бучацького віку (рис. 3.28).



А Б

Рис. 3.26. Зіставлення поширення бучацьких відкладів розповсюджених у палеодолинах [72]. та понижених блоках фундаменту з сучасною гідромережею: А — Схема розповсюдження бучацьких відкладів у палеодолинах та депресіях; Б — Схема сучасної гідромережі на космічному знімку Landsat, зйомка вересень 20011 року, синтез 7, 4, 2 каналів.
1 — площі поширення бучакських відкладів; 2 — площа розмиву бучакських відкладів; 3 — контури родовищ, ділянок вугленосності

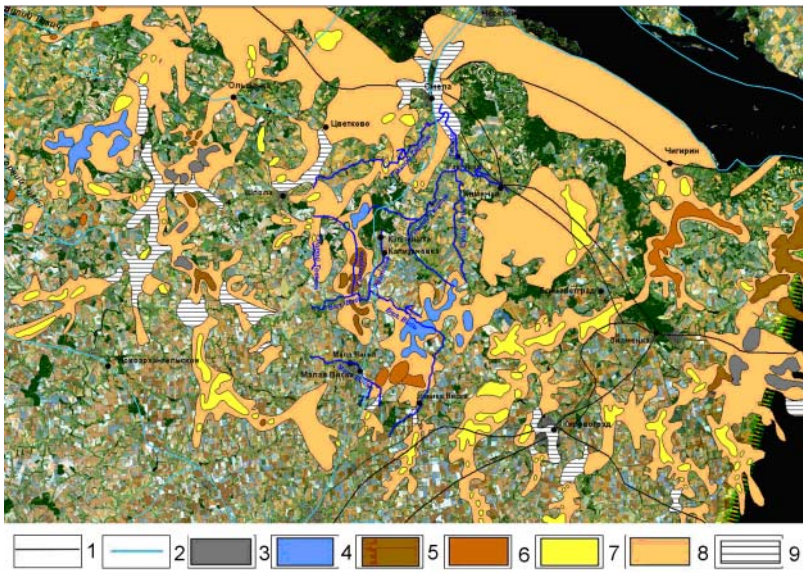


Рис. .3.27. Геолого-промислова карта Центральної частини Дніпробаса. Розміщення перспективних площ розповсюдження бурого вугілля на космічному знімку Landsat-TM.
1 — дороги; 2 — гідромережа; 3 — родовища, з відпрацьованими покладами вугілля; 4 — родовища, передані в промислове освоєння; 5 — території діючих підприємств; 6 — родовища, попередньо розвідані та ті, що розвідуються; 7 — родовища опошуковані та ті, що знаходяться на стадії пошуку; 8 — долини; 9 — площі розмиву

З рисунку видно, що відбулося зміщення вододілу на північ внаслідок перебудови гідромережі спричиненої тектонічними чинниками. У цілому сучасна гідромережа успадковує рельєф фундаменту, але змінився напрям стоку на ділянці між сучасними та палео вододілами з північного на південний. Також треба відмітити, що більшість буро-вугільних родовищ знаходиться в зоні між вододілами. Північніше сучасного вододілу, особливо у північно-західній частині території родовища практично відсутні, тому що ця територія має значне розчленування і родовища зруйновані в результаті пізнішого розмиву. Підтвердженням тези про руйнування родовищ завдяки розмиву сучасною гідромережею є данні показані на двох ділянках детальних досліджень у районі міст Крапівницький і Олександрія (рис. 3. 29).

На рисунку показана сучасна гіпсометрична поверхня подана у вигляді гіпсометричних ярусів, або

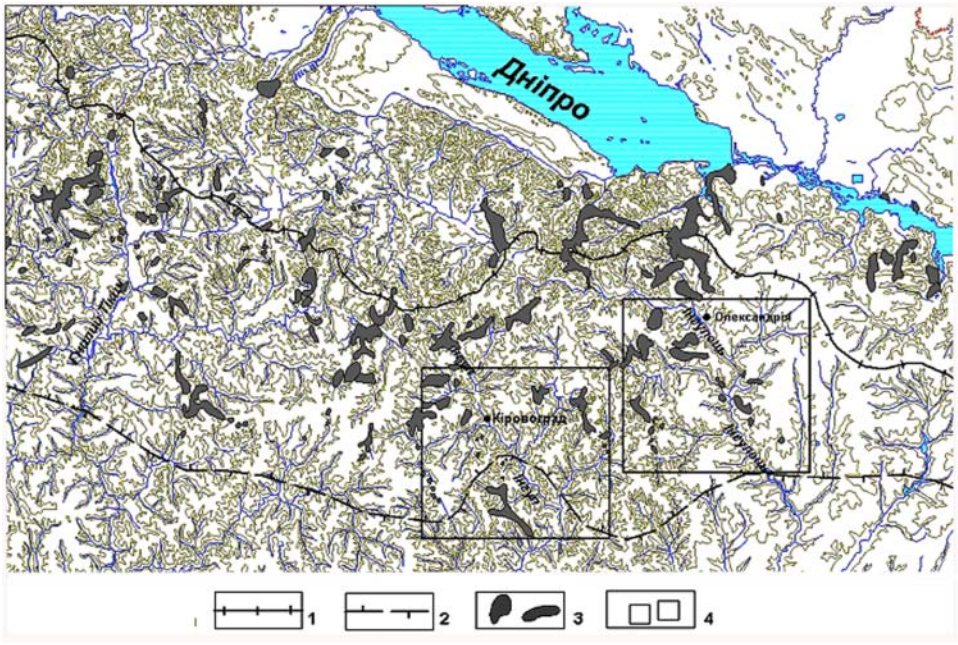


Рис. 3.28. Просторове співвідношення сучасного та бучацького вододілів.
1 — -положення сучасного вододілу; 2 — ймовірне положення вододілу бучацького віку; 3 — родовища бурого вугілля різних ступенів розвідки та розробки; 4 — ділянки досліджень

поверхонь вирівнювання з рівнями 200 та 150 метрів і долини річок Інгул та Інгулець, ділянки розповсюдження вугленосних бучакських відкладів і родовищ бурого вугілля. По перше, звертає на себе увагу відсутність бучацьких відкладів в долинах великих річок і часткове їх збереження у прибортових частинах долин та притоків. Поясненням цього явища може бути глибоке врізання річкової мережі, яка в цілому успадкувала давні долиноподібні бучакські низини і розмила поклад.

Проведений аналіз розташування покладів бурого вугілля, які залягають у від'ємних нерівностях фундаменту з сучасним рельєфом території Діпробасу дозволив розробити узагальнену модель прояву родовищ бурого вугілля на денній поверхні. Головним пошуковим критерієм є аналіз гідромережі басейну. Визначено, що більшість родовищ збереглася південніше сучасного головного вододілу Дніпра Інгулу і Інгульця і залягає поза межами врізів сучасних долин у прибортових їх частинах. Сучасним долинам відповідають ділянки розмиву бучакських буро-вугільних відкладів і тому пошук буровугільних родовищ має бути сконцентрованим на приграничних частинах між вододільними територіями і сучасним долинами.

Методи інформаційного інтегрування даних багатоспектрального аерокосмічного знімання, польової спектрометрії і геолого-геофізичних даних при вирішенні завдань дистанційного пошуку покладів бурого вугілля

Як правило головною метою проведення неотектонічного аналізу, на основі матеріалів ДЗЗ, з метою пошуку корисних копалин було виділення додатних та лінійних аномалій рельєфу, як результату прояву на поверхні структурних пасток вуглеводнів, або рудовміщуючих тіл. Багаторічний досвід дозволив визначити комплекс дешифрувальних ознак спрямований на виділення локальних позитивних структур та розломно-тріщинної мережі. Значний досвід пошуків корисних копалин на основі матеріалів багато спектрального знімання накопичено у Центрі аерокосмічних досліджень Землі, узагальнені роботи Центру видані окремим методичним науковим збірником [78].

Натомість при пошуках буровугільних покладів метою досліджень є виділення від'ємних аномалій рельєфу, що успадковують пониження бучакських відкладів палеогену УЩ. Треба зазначити, що методика використання матеріалів ДЗЗ для виділення за структурно-геоморфологічними, неотектонічними ознаками від'ємних аномалій рельєфу є недостатньо розробленою і обмежено застосовується при геолого-пошукових роботах. Певний досвід використання дистанційних методів при прогнозуванні буровугільних покладів неогену ще у 70-х роках минулого століття почав набуватися у Мінській лабораторії аерогеологічних і морфометричних методів (Білорусія). Спеціалістами лабораторії була проведена оцінка перспективності Прип'ятської западини на буре вугілля неогену. Роботи проводились синхронно з бурінням розвідувальних свердловин. В результаті досліджень було виділено ряд перспективних районів: Кранослободской, Пасека, Кольно, Большой Малишев та інші прояви вугілля та родовища [77]. Пошуковими критеріями буровугільних родовищ було виділення за матеріалами

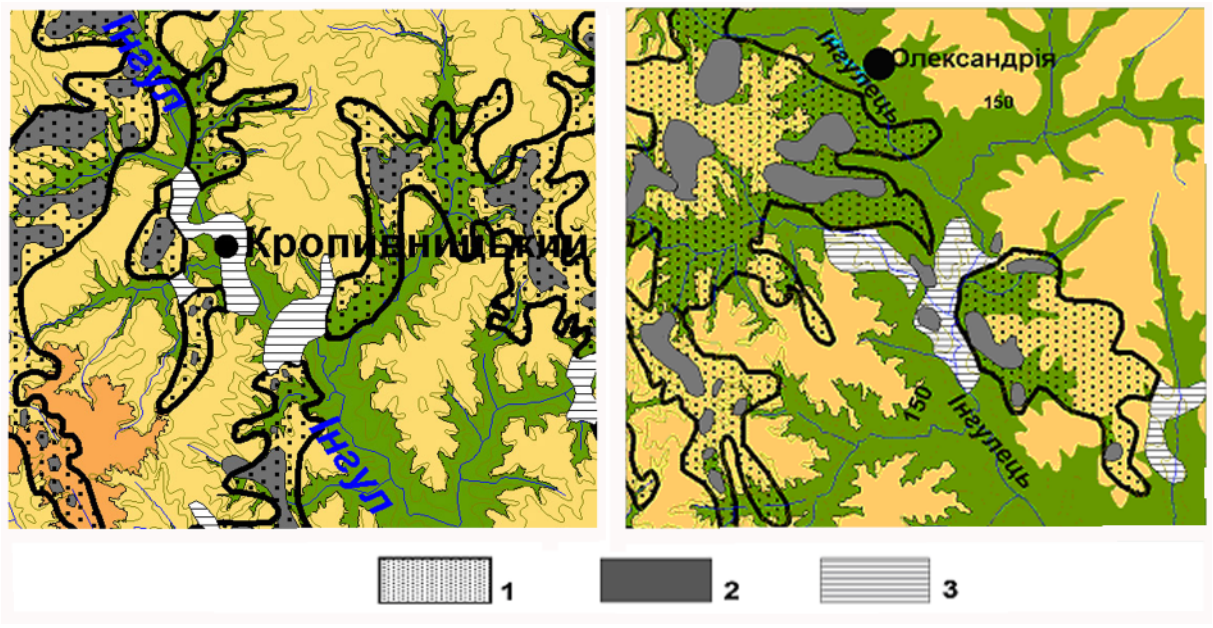


Рис. 3.29. Розповсюдження бучацьких вугленосних відкладів та покладів бурого вугілля відносно гіпсометрії поверхні.
1 — бучацькі вугленосні відклади; 2 — родовища бурого вугілля різних ступенів розвідки та розробки; 3 — ділянки розмиву бучацьких відкладів

аерофотозйомки та морфометричними побудовами похованих долин неогенового віку, що можуть містити поклади [80].

Середина 2015 року відзначилась скандальною "бурштиновою лихоманкою". Мабуть, саме тому нашу увагу привернуло ряд наукових праць в яких визначено та проаналізовано тісний зв'язок від'ємного палеорельєфу УЩ, бурого вугілля та бурштину [81–84]. Окрім пошукових критеріїв бурого вугілля через вивчення палеорельєфу наукова думка пропонує цікаве нове посилання. За класичними геологічними уявленнями поклади бурого вугілля — лігніту та викопних смол є корінними покладами. Натомість бурштин залягає у розсипному стані. Корінні родовища бурштину не виявлені. Весь бурштин є перевідкладеним, вимитим з еоцен — буровугільних покладів. У 2007–2009 рр. було обґрунтовано можливість явища бурштиноутворення безпосередню з буровугільного бітуму [79–80]. Сприятливі умови для вуглеутворення за рахунок значної біомаси сформувалися на початку середнього еоцену на території УЩ, що територіально відповідає ДББ [82].

Розсипи бурштину — сукциніту просторово розташовані біля зовнішнього краю Дніпробасу, що вказує на корінні поклади розповсюджені саме в межах УЩ. Причому найбільш багаті розсипи знаходяться на північно-західних окраїнах буровугільного басейну, де шари багатого на бітум вугілля майже повністю розмиті. Вторинне походження бурштину-сукциніту належить до визнаних фактів. Прогнозування розсипів неможливе без встановлення місцезнаходження корінного материнського родовища. Різноманітні пониззя поверхні УЩ в наступні геологічні етапи успадковані палеодолинами і озерними улоговинами на континентальних етапах розвитку були зонами акумуляції рослинних залишків. Бітумомістке буре вугілля до складу якого включено і викопні смоли, що накопичувалось у пониззях рельєфу є джерелом накопичення і протобурштину. Не порушені пізнішими розмивами буровугільні поклади збереглися у давніх депресіях і саме ці депресії є джерелом постачання бурштину в морські басейни в наступні етапи розмиву і седиментації.

Також, на думку В. М. Мацуя і В. Ю. Єфименко, депресії в кристалічному ложі Дніпровського басейну (палеодолини і долиноподібні пониззя), заповнені або бучакськими буровугільними відкладами з включеннями викопних смол, або еоцен-олігоценовими бурштиновміщуючими відкладами, часто перемитими і перевідкладеними в неогені і антропогені, вимагають найпильнішої уваги і вивчення у зв'язку з вирішенням проблем бурштиноносності регіону. Отже використання матеріалів ДЗЗ при прогнозуванні і виділенні похованих палеодолин і ізометричних понизь палеорельєфу може мати застосування при пошуках не тільки бурого вугілля але й супутніх розсипів бурштину.

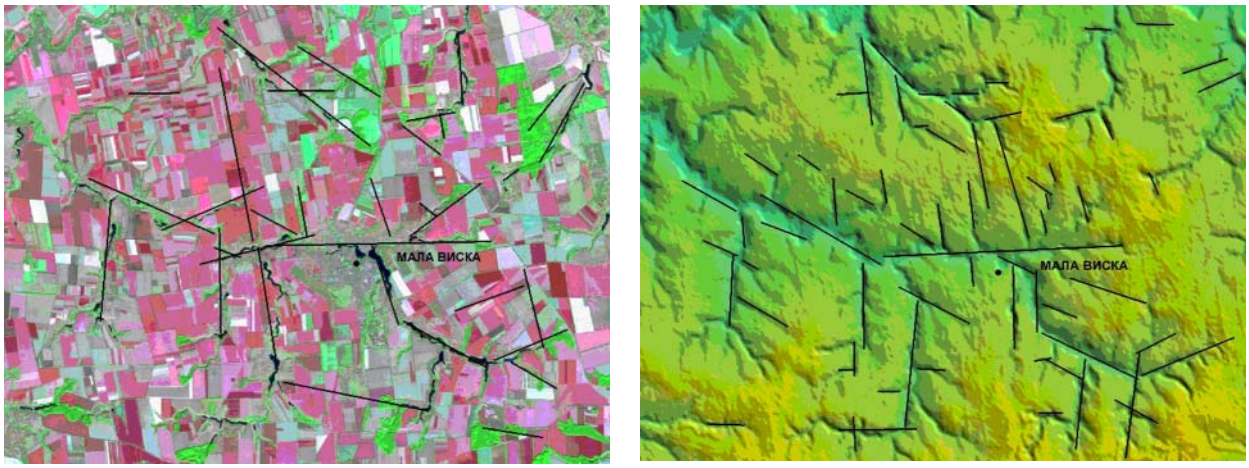
ДББ в структурному відношенні розташований в межах УЩ, головним чином, обіймає площі Інгульського і Середньодніпровського мегаблоків. Геологічними дослідженнями встановлено, в своїй більшості родовища бурого вугілля залягають в межах від'ємних блоків та у долиноподібних пониженнях фундаменту. Саме там існували умови для формування в мілководних долинах торфовищ, їх наступної літіфікації і подальшого збереження покладів вугілля. Окрім того, доведено, що умовою формування покладів вугілля, а саме перетворення первинних покладів торфу, у після бучакський час, на поклади вугілля є підток флюїдів по розломам і тріщинам фундаменту. Базуючись на цих постулатах геологів-вугільників окреслено головну мету досліджень, що складається з двох напрямів досліджень. Перший — виділення лінеаментів, що є ймовірним проявом розломно-тріщинної мережі, яка за рахунок розущільнення є флюїдопроникною і може зумовлювати формування покладів вугілля з торфових мас. Другий — виявлення за матеріалами ДЗЗ відносно понижених ділянок денної поверхні, що повторюють структурні поверхні геологічної основи і є потенційно вугільно-місткими об'єктами.

В цілому, в структурно-геоморфологічному сенсі, УЩ відноситься до прямих успадкованих додатних структур. Поверхня УЩ має блокову, клавішну структуру. Підняті блоки фундаменту на неотектонічному етапі розвитку формують підвищені ділянки поверхні, а опущені блоки — відносні пониззя рельєфу. Метою досліджень було проведення всебічного аналізу рельєфу за даними ДЗЗ і лінеаментного аналізу для виділення розломно-тріщинної мережі та побудови картосхеми неотектонічної структури Дніпробасу. Базовими матеріалами дешифрування і виділення мережі лінеаментів були КЗ Landsat TM (зйомка — вересень 2011 р.) синтез 7, 4, 2 каналів і 7, 5, 3 каналів і цифрові моделі рельєфу (ЦМР) (рис. 3.30).

Після етапу дешифрування проведено ранжування угруповань лінеаментів, що мають загальне орієнтування, підвищену щільність поширення і виділені відповідні зони лінеаментів. Узагальнено лінеаментні групи мають два головних напрями північно-західний та субмеридіональний. Проведене співставлення з геологічними матеріалами показало, що субмеридіональні лінеаментні зони відповідають активним зонам геологічних розломів.

Створення іншого інформаційного блоку неотектонічної карто-схеми полягало у виділенні окремих блоків поверхні, що вирізняються за відносною нетектонічною активністю. Ознаками диференційованості поверхні є абсолютні позначки поверхні, відносні перевищення, особливості накладених форм рельєфу та екзогенних геологічних процесів. Базові дані були отримані шляхом трансформації ЦМР у програмі Global Mapper (рис. 3.31).

Після всебічного аналізу даних отриманих в результаті трансформації ЦМР виділено окремі блоки



А Б

Рис. 3.30. Виділення лінеаментів за матеріалами космічних знімків Landsat TM (вересень 2011р.) синтез 7, 4, 2 каналів (А) та ЦМР (Б)

зі схильністю до відносних неотектонічних опускань та підняттів. Лінеаментна мережа та блокова структура були узгоджені і на основі цього складена регіональна картосхема неотектонічної будови Дніпробасу (рис. 3.32).

З метою верифікації було проведено зіставлення блокової структури неотектонічної картосхеми зі схемою розташування буровугільних покладів з карти вивченості центральної частини Дніпробасу [73]. Достатньо чітко на карто-схемі видно, що більшість родовищ бурого вугілля розташовано в межах неотектонічних блоків зі схильністю до відносних опускань.

Також було проведено співставлення віддешифрованих угруповань лінеаментів з масивом геологічних даних [84–87]. Для зіставлення з геологічними матеріалами обрано карти регіонального масштабу — 1: 1 500 000, 1:1 000 000. Однією з версій, що до формування покладів та генезису бурого вугілля, сучасних українських вчених є ідея, що поклади пов'язані не тільки з пониженнями, де накопичуються органічні рештки, але й з місцями підвищеної флюїдопроникності, тобто місцями активних на час вуглеутворення розломів, що обрамляють пониження. Тут створюється газонасичене середовище, в якому і може протікати процес утворення саме лігнітів [74]. За геологічними даними [84] виділяються зони активізації розломів з якими пов'язані різні металогенічні площі. Саме у таких зонах існують умови до розущільнення порід і їх підвищеної проникності для глибинних флюїдів, що створювало оптимальні умови для трансформації бучакських торфів у буре вугілля. В умовних позначення до карто-схеми неотекионічної будови ці зони позначені цифрою 1 і мають, головним чином, субмеридиональне простягання (див. рис. 3.32). В результаті ранжування лінеаментної мережі виділено зони лінеаментів та лінеаменти, що співпадають з розломами виділеними за геолого-геофізичними даними, та зони лінеаментів та окремі лінеаменти, що не знаходять підтвердження матеріалами геологічних робіт регіонального масштабу. Певної уваги варта зона лінеаментів північно-західного спрямування, що простягається від м. Компаніївки до м. Звенигородки. Ця зона не має підтвердження геологічними даними, проте в її межах розташована значна кількість родовищ.

Проведене зіставлення розвіданих родовищ бурого вугілля з картосхемою неотектонічної будови дозволило виявити чітке тяжіння більшості розвіданих родовищ бурого вугілля до виділених, в результаті неотектонічних побудов на основі матеріалів ДЗЗ, блоків зі схильністю до відносних неотектонічних опускань.

Укладання неотектонічної картосхеми території Дніпробасу за даними матеріалів ДДЗ складалося з двох основних етапів. Виділення лінеаментної мережі за космічними знімками та ЦМР і наступне комплексування та інтерпретація з геолого-геофізичними даними. Цифрові моделі рельєфу та їх трансформації є основою виявлення різновисокої блокової структури.

Виявлено ряд закономірностей поширення буровугільних родовищ відносно неотектонічної блокової структури та розломно-тріщинної мережі. Найбільш активними у вуглеформуванні є зони лінеаментів північно-західного та субмеридіонального напрямів. Картосхема регіональної неотектонічних будови Дніпробасу, за матеріалами багатоспектрального аерокосмічного зняття та ЦМР, може використовуватись на попередніх етапах прогнозування, при пошуках похованих долин палеогенового віку, що можуть містити поклади бурого вугілля які крім того є корінними відкладами з яких формуються розсипи бурштину.

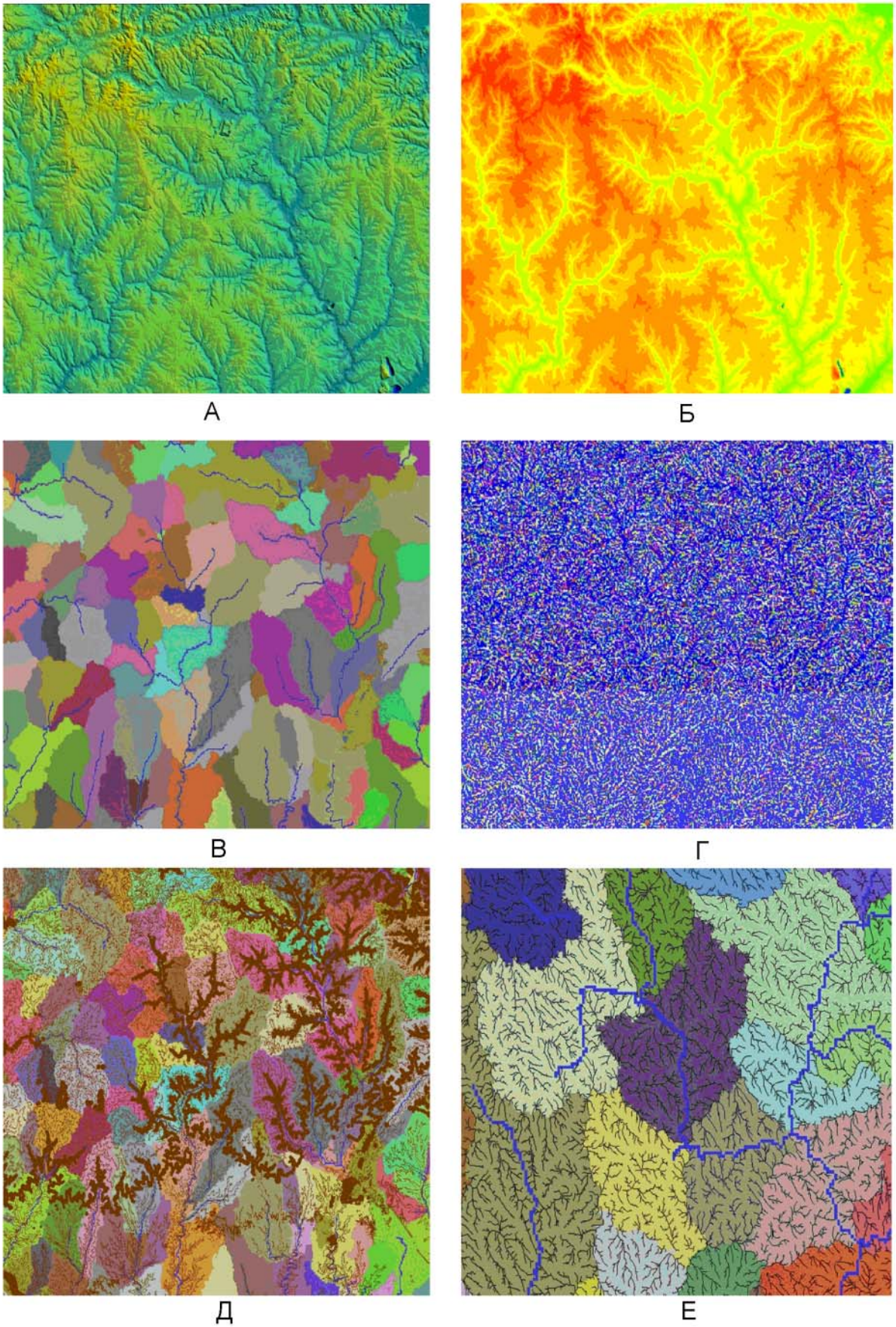


Рис. 3.31. Трансформації ЦМР у програмі Global Mapper: А, Б — різні типи шейдерів; В, Г — дренажна мережа, задана з різною площею басейнів та довжиною водотоків; Д, Е — дренажна мережа з горизонталями через 25 м та вододілами

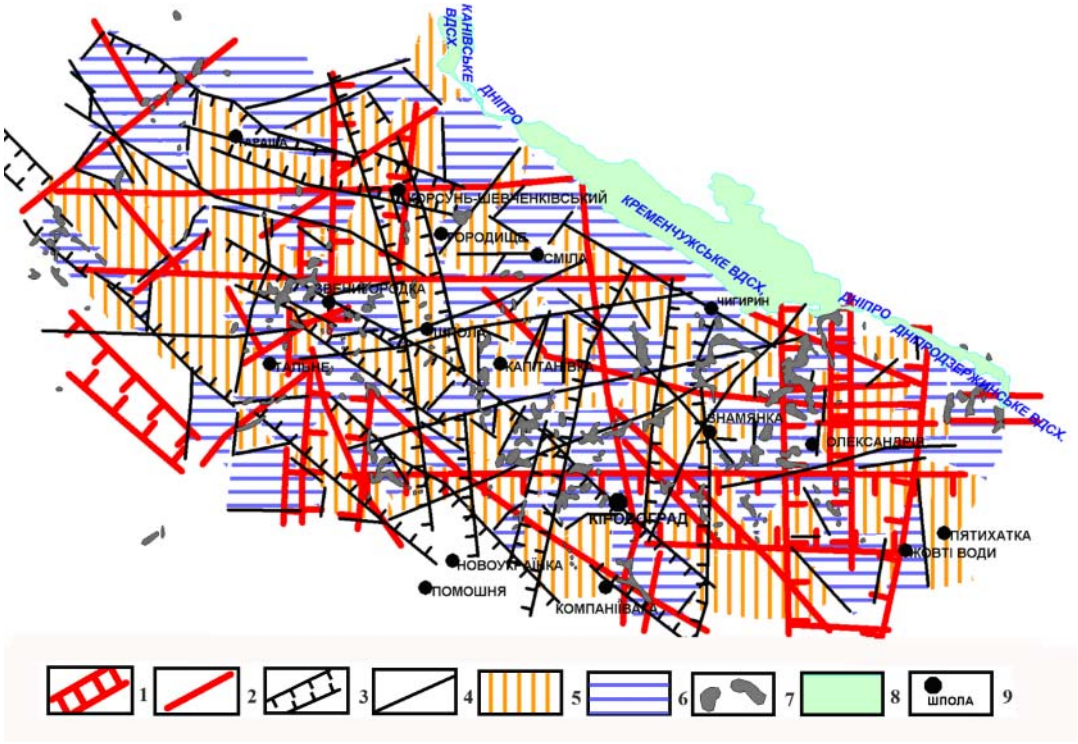


Рис. 3.32. Картосхема неотектонічної будови Дніпробасу
1 — зони лінеаментів, що співпадають з активними зонами розломів, виділених за геолого- геофізичними даними; 2 — лінеаменти, що співпадають з розломами, виділеними за геолого- геофізичними даними; 3 — зони лінеаментів, що не мають геологічного підтвердження; 4 –окремі лінеаменти, що не мають геологічного підтвердження; 5 — блоки зі схильністю до відносних неотектонічних підняттів; 6 — блоки зі схильністю до відносних неотектонічних опускань; 7 — родовища бурого вугілля; 8 — річки та водосховища; 9 — населені пункти

Тестування створених технологій та завіркові дослідження на еталонних ділянках для пошуку бурого вугілля в межах Дніпробасу за дистанційними методами

Для встановлення більш детальних закономірностей розташування покладів бурого вугілля та можливості використання матеріалів дистанційного знімання при пошукових дослідженнях проводилось відпрацювання еталонних ділянок (Андрушівське, Козацьке, та Новомиргородське родовища). Проведено зіставлення з космічними знімками та ЦМР з метою виявлення ознак прояву на матеріалах знімання. Робота виконана на прикладі окремих ділянок, що мають різноманітні умови формування і залягання бурого вугілля та знаходяться у різних ландшафтних умовах.

Андрушівське родовище відноситься до Коростишівського геолого-промислового району, знаходиться між населеними пунктами Андрушівка, Гардишівка, Волиця, Забара в південній частині Житомирської області. В структурному плані родовище знаходиться у Гуйвинської депресії. Депресія має субмеридіональне простягання і починається північно-західніше смт Андрушівка, довжина депресії сягає 30 *км*, а ширина не перебільшує 4 *км*.

Сучасна ріка Гуйва успадкувала пониззя одноіменної депресії, глибина долини незначна і не перевищує 15–20 *м*. Долина широка, місцями сильно заболочена. Андрусівське родовище знаходиться у верхів'ї ріки Гуйви. Поклад витягнутий у північному напрямку, протяжність 15 *км* при ширині 0.5–1.3 *км* і складається з 4 лінз — Північної, Центральної, Південної, Західної. Запаси вугілля категорії C_1 — 17 995 тис. т. [23]. В крайових частинах покладу пласти вугілля виклинюється, дотикаючись безпосередньо до кори вивітрювання, а іноді перериваються через наступний розмив (построзмив) сучасною гідромережею. Потужність пласта на Північній ділянці 2.6 *м*, потужність розкривних порід — 36 *м*. Пласт має майже горизонтальне залягання, тому глибина покладу залежить від абсолютних позначок поверхні. Вугільний поклад Північної лінзи до 1992 року розроблявся відкритим розрізом, а згодом шахтним способом. Загальна проблема цього родовища — значна обводненість надвугільних верств. На місці вироблених кар'єрів зараз існують водойми, що утворилися в процесі затоплення.

В межах Гуйвинської депресії вуглепрояви спостерігаються з глибини 18 *м*, відкриті пласти кондиційні. Кристалічний фундамент на 80% покривається корою вивітрювання потужністю до 25 *м*. Кора вивітрювання розмита на підвищеннях фундаменту та в долинах сучасних річок. Кора вивірювання лінійного типу розповсюдження тяжіє до тектонічних розломів. На схід від м. Андрушівка проходить крупний розлом північно-західного простягання, напрям його співпадає з віссю Гуй-

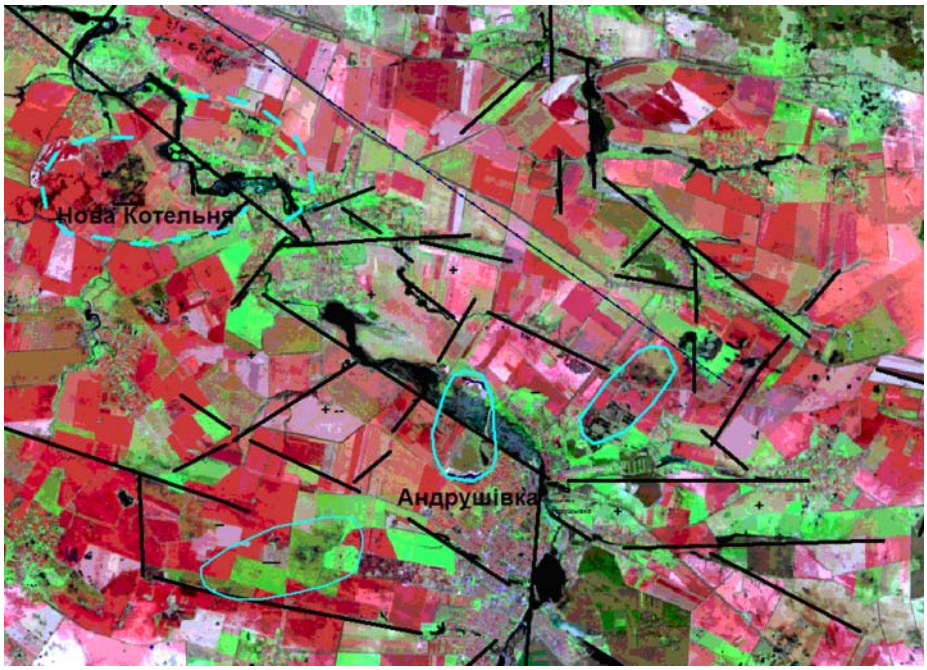


Рис.3.33. Розташування буровугільних ділянок Андрушівського родовища (контури синього кольору) в межах Гуйвинської депресії. Landsat-TM, композит каналів 7, 5, 3

винської депресії. На рис. 3.33 на композиті каналів знімків Landsat-TM показано територію кількох ділянок Андрушівського родовища та віддешифровані основні лінеаменти, що зіставляються з розломами фундаменту. Найбільш чітко проявляється північно-західний напрямок лінеаментів, що співпадає з напрямом Гуйвинської депресіїі, в якій відбулось вугленакопичення.

Геологічний розріз на Андрушівському родовищі знизу вверх має наступну будову: 1 — кора вивітрювання — каоліни та дресвяно-глиниста зона; 2 — зона дезінтеграції; 3 — бучацька свита — тільки в депресії кори вивітрювання з наявним покладом бурого вугілля, літологічно відклади представлені дрібнозернистими, крупнозернистими кварцевими пісками, вуглистими глинами, бурим вугіллям, середня потужність 8–10 *м*, надвугільний пласт складається з вуглистих глин і піску; 4 — київська свита присутня лише окремими островами, що вціліли від розмиву, вона складається з кварц-глауконітових різнозернистих пісків, піщанистих глин, алевролітів; 5 — харківська свита — піски, глини зелені, пісковики світло-зелені, потужністю до 9 *м*; 6 — полтавська серія — має широке розповсюдження, розкривається з глибини 3–4 *м*, її потужність 19 *м* — піски світло-зелені, дрібнозернисті, каолінисті, вохристі, зустрічаються зерна рудних мінералів; 7 — строкаті глини міоцену та червоно-бурі глини плейстоцену, зустрічаються на вододілах, їх потужність до 6 *м*; 8 — четвертинні відклади: флювіогляціальні, делювіальні, алювіальні з потужністю від 0 до 40 *м* на вододілах [73].

Як зазначалося вище, площа розповсюдження вуглеросних відкладів залежить від конфігурації депресії, чергування піднятих і опущених блоків та подальшого розмиву відкладів. Виконано ранжування блоків Гуйвинської депресії за неотектонічною активністю, шляхом аналізу ландшафтних характеристик та структурних особливостей території, що проявляються на знімках та ЦМР поверхні (рис. 3.34).

В результаті проведеного аналізу не виявлено чіткого просторового зв'язку буровугільних покладів з розташованими на поверхні заболоченими ділянками і просадками. Але в цілому, опущені блоки фундаменту виділяються на космічних знімках за комплексом ознак, а саме — відносні пониження вододілів, розширення меандрового поясу водотоків та самого русла річок, присутність перезволожених та заболочених ділянок наявність суфозійно-просадових форм.

Козацьке родовище знаходиться у Ватутінському буровугільному районі (Звенигородський район Черкаської область) на 10 *км* північніше с. Ватутіно, на південний схід від с. Козацьке, між селами Козацьке, Богачівка, Павлівка. Відноситься до Юрківської депресії фундаменту, яка виповнена пластоподібними покладами бучацького віку. Якість вугілля висока, вміст золи в середньому 20%, а іноді досягає і 47%. Виявлені дві лінзи бурого вугілля загальною площею 1.7 $км^2$. Один пласт простої будови розщеплюється на два-три вугільних шари потужністю, в середньому, до 6 м з прошарками та лінзами різнозернистого піску. Експлуатувалося з 1956 року двома ділянками Богачівською і Козацькою. На теперішній час видобуток припинено. Козацьке родовище складається з Основної, Західної, Південно-східної, Північно-західної ділянок.

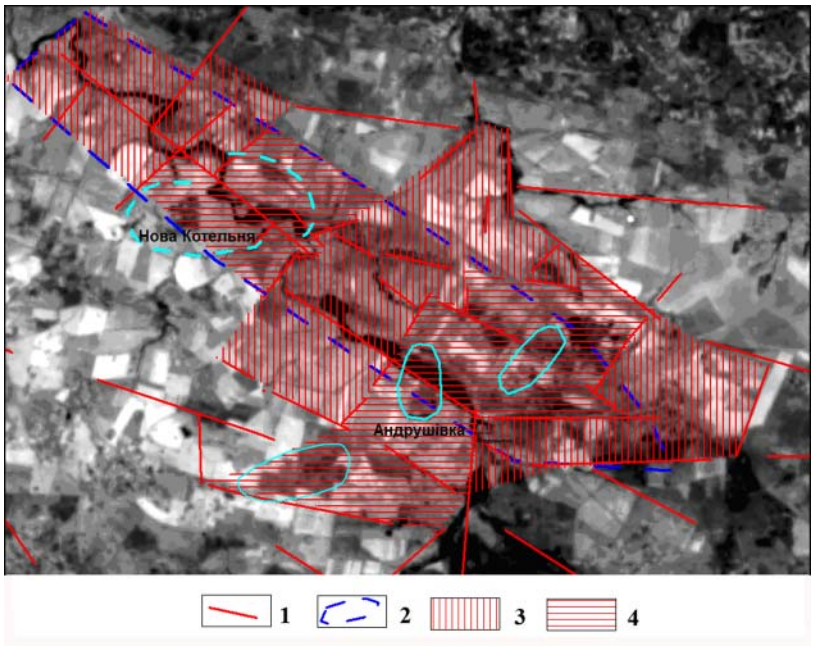


Рис. 3.34. Неотектонічне ранжування Гуйвинської депресії. Умовні позначення: 1 — лінеаменти, що проявляються на супутниковому зображенні; 2 — контури Гуйвинської депресії; 3 — припідняті блоки фундаменту; 4 — опущені блоки фундаменту

Поклад на Західній ділянці витягнутий у широтному напрямку і має довжину 1.5 *км*, а ширину 0.5 *км*. Основна ділянка покладу простягається на 5 *км*, змінюючи напрям з широтного (на заході) на меридіональний (в центральній частині), а потім на південно-східний і утворює п'ять відгалужень. Поклад південно-східної ділянки завширшки до 0.5 *км* має довжину — 3.8 *км*, орієнтована з північного заходу на південний схід. Північно-західна ділянка субширотного простягання має довжину 1.3 *км*, ширину 0.4 *км* [69].

У товщі вугільних пластів зустрічаються роздуви, звуження, розширення, вклинювання та розщеплення на декілька пачок. На рис. 3.35 показано переривчасте залягання бурого вугілля (рожевий колір) в ложі прадавньої долини. Водотоки більш пізнього періоду розмили поклад, а на підвищених блоках він взагалі не був сформований і тому родовище має таку складну планову структуру. Видобуток бурого вугілля можливий лише на бортах долини, в опущеному неотектонічному блоці, де склалися умови для накопичення органічних решток та їх подальшої літифікації (діагенетичні процеси). На даному родовищі присутнє вугілля різної щільності в тому числі і ділянки пухкого вугілля. Початкове формування материнських торфовищ пухкого вугілля пов'язується зі слабко і періодично проточними болотами. В процесі наступного розвитку вугільний пласт зазнає певних змін. Окремі вугільні пачки або весь пласт в цілому роздроблюється з утворенням прихованої та відкритої тріщинуватості. За даними В. І. Музики кореляції між пухкістю, потужністю, структурним планом та літологічним складом в межах родовища не знайдено [73]. Але площі пухкого

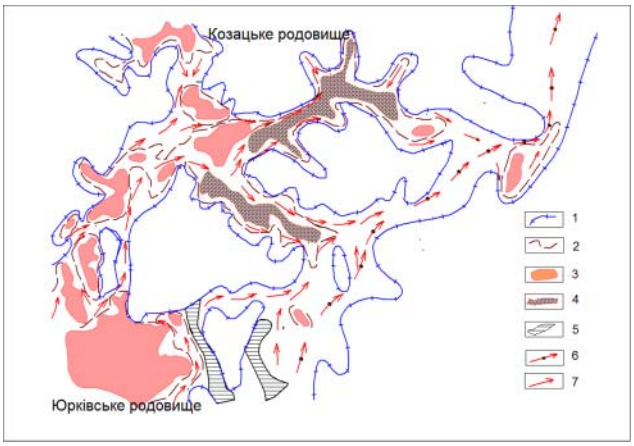


Рис. 3.35. Схема взаємозв'язку площ розвитку пухкого вугілля з ймовірним рухом давніх поверхневих водотоків на Козацькому родовищі. В. И. Музыка [90]
1 — межа депресії; 2 — межа буровугільного покладу; 3 — контур потужності буровугільного покладу за ізогіпсою 2 м; 4 — ділянки присутності пухких покладів бурого вугілля; 5 — площі постбучацького розмиву буровугільних покладів; 6 — напрям руху поверхневих водотоків в період завершальної стадії формування материнських торфовищ в основному руслі; 7– напрям руху поверхневих водотоків в період завершальної стадії формування материнських торфовищ у відгалуженнях.

вугілля розповсюджуються в основному на ділянках підвищеної бітумінозності та зольності і, можливо, материнські торфовища могли зазнати впливу тимчасових поверхневих водотоків, що проявилось у дробленні пласту та з утворенням закритої і прихованої тріщинуватості з добре вираженим дзеркалом сковзання по поверхні відриву.

Плановий контур вугленосних покладів на рисунку 3.33 дуже складний, має переривчастість по простяганню. Глибина залягання бурого вугілля від 7 до

70 *м*, згори перекривається неогеновими і четвертинними відкладами і не має прояву на денній поверхні. Прямих ознак відображення в дистанційному образі поверхні (у вигляді спектральних характеристик зображення) на багатозональних космічних знімках не зафіксовано.

Лише аналізуючи цифрову модель рельєфу вимальовується великий опущений блок, так звана Юрківська депресія, в межах якої і зосереджені родовища Козацьке, Богачівське, Юрківське. Ця депресія обмежується регіональними розломами субширотного і субмеридіонального простягання, які підкреслюють цей блок (рис. 3.36). Поклад бурого вугілля зосереджений за межами сучасних долин, в їх прибортових частинах, тому що постпалеогенові та сучасні ерозійні процеси розмили бучацькі вугленосні відклади або унеможливили їх накопичення. Сучасні буровугільні пласти в плані мають переривчасті, сильно розгалужені переважно субмеридіональні форми залягання.

Новомиргородське родовище знаходиться біля м. Новомиргород, сіл Кам'янка, Панчево, Цурцуровка на лівому березі ріки В. Вись, площа родовища — 12.4 *км*^{2}. Два вугільні пласти, розділяються безвугільним шаром потужністю від 0.1 до 9 *м*. Верхній пласт більш витриманий як за площею, так за потужністю. Дані по шахті Новомиргородській, характеризують даний поклад наступним чином: зольність — 22.1%, бітумність — 5–11%, середня глибина залягання пласту — 72 *м*, середня потужність — 5 *м*.

Поклади мають витягнуту дуже складну форму, протяжність з півдня на північ досягає 10 *км*, ширина в південній частині — до 4 *км*, на півночі — 2.5 *км*. Родовище ділиться на 3 ділянки: Північна (два пласта), Південна (один пласт), Східна (один верхній пласт). Глибина верхнього пласта — 37 *м*, а нижнього — 60 *м*, максимальна потужність пластів досягає 13 *м*, середня — 3 *м*. Видобування проводилось шахтним методом. На дистанційному образі фіксується відносно понижений блок фундаменту, але вуглевміщуюча континетальна бучацька свита розташованя вузькою смугою вздовж сучасної долини ріки В. Вись переважно на правобережжі (рис. 3.37, 3.38).

В результаті структурного дешифрування космічних знімків та аналізу ЦМР виділено відносно опущений блок, що чітко проявляється на перетині двох крупних регіональних розломів, це підкреслюється зміною напряму річки Вел. Вись з північно–східного на південно-східний, а також існуванням субмерідіонального розлому, що контролює розповсюдження покладу в межах депресії. Структурні лінії, що виділяються на дистанційних матеріалах підкреслюються ерозійною мережею і частково зіставляються з контурами бучацьких відкладів та межами розповсюдження покладів бурого вугілля Новомиргородського родовища.

На прикладі трьох тестових ділянок розглянуто особливості прояву буровугільних родовищ на матеріалах космічного знімання, що дало можливість зробити ряд висновків. Для вугленосності Дніпробасу характерна площадна переривчастість; відносно вузькі (до 2–5 *км*) складно розгалужені негативні вуглевміщуючі структури з субмеріодіональним

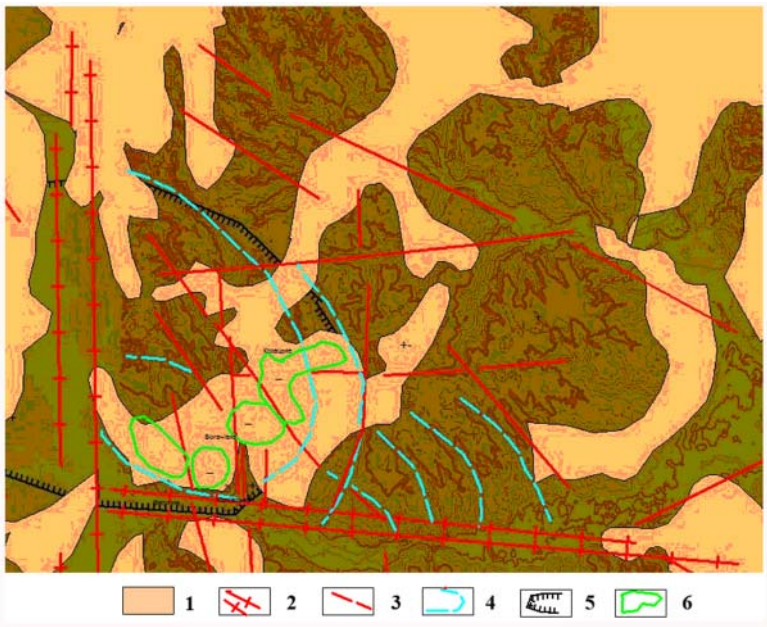


Рис. 3.36. Структурний аналіз на основі ЦМР та знімків Landsat Козацького буровугільного родовища: 1 — ділянки, де збереглися бучацькі відклади (за геологічними даними); 2 — віддешифровані за дистанційними матеріалами регіональні лінеаменти, що відповідають розломам кристалічного фундаменту; 3 — лінеаменти, що ймовірно відповідають розломам фундаменту та виділяються на дистанційних матеріалах; 4 — структурні лінії, що підкреслюють опущений блок та виділяються за КЗ; 5 — опущений блок фундаменту; 6 — контури вугленосних родовищ



Рис. 3.37. Схема взаємозв'язку площ розвитку пухкого вугілля з ймовірним рухом давніх поверхневих водотоків на Новомиргородському родовищі. В. И. Музыка [90].
1 — межа депресії; 2 — межа буровугільного покладу; 3 — контур потужності буровугільного покладу за ізогіпсою 2 м; 4 — ділянки присутності пухких покладів бурого вугілля; 5 — напрям руху поверхневих водотоків в період завершальної стадії формування материнських торфовищ

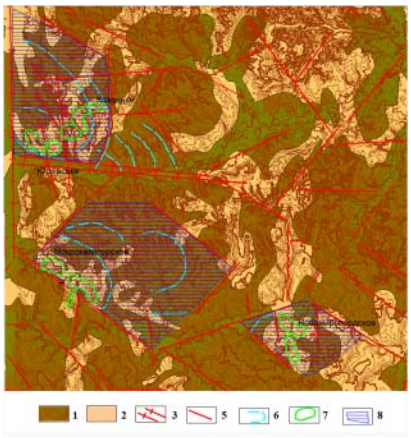


Рис. 3.38. Структурний аналіз на основі ЦМР та КЗ Landsat в межах Ватутінського буровугільного району (Новомиргородське, Мокрокалігорське, Юрківське та Козацьке родовища). 1 — цифрова модель рельєфу; 2 — ділянки збереження бучацьких відкладів; 3 — регіональні розломи кристалічного фундаменту; 4 — лінеаменти, що виділяються за дистанційними матеріалами; 5 — структурні лінії, що виділяються за дистанційними матеріалами; 6 — контури вугленосних родовищ; 7 — опущені блоки фундаменту

простяганням, що чергуються з широкими гіпсометрично при піднятими вододілами. Палеотектонічні та палеогеографічні умови є визначальними чинниками у формування буровугільних покладів. Закладання вугленосних палеодолин приурочено до відносно опущених блоків фундаменту УЩ, які мають прямий прояв у сучасному рельєфі, вираженій пониженням вододільних ділянок, розширенням долин, заболочування елементів гідромережі та перезволоженням понизь поверхні, що достатньо чітко читаються на багатозональних знімках та ЦМР. Закладання сучасної глибокої гідромережі стало деструктивним чинником, що розмив (зруйнував) родовища, залишивши поклади тільки у прибортових частинах.

Висновки

Проаналізовані геолого-тектонічні умови Дніпробасу, особливості його вугленосністі дозволили визначитиені головні методичні напрями дистанційних досліджень при пошуках бурого вугілля. Досвід використання матеріалів дистанційних зйомок при пошуках бурого вугілля Білоруськими аерогеологами та останні погляди українських вчених на формування покладів та генезис бурого вугілля стали основою розробки методики дистанцій ного пошуку бурого вугілля в межах Дніпробасу. Сучасна гідро мережа частково успадковує структуру вугленосних палеодолин і в тій чи іншій мірі індикатором буровугільних родовищ. Проте, за рахунок глибокого врізання у денну поверхню, вона є водночас деструктивним фактором руйнування покладів. Укладена регіональної карто-схема неотектонічних особливостей Дніпробасу за матеріалами багатоспектрального аерокосмічного зніманя та ЦМР дозволила виявити певні закономірності поширення буровугільних родовищ відносно неотектонічної блокової структури та розломно-тріщинної мережі. Визначено, що найбільш активними у вуглеформуванні є лінеаментні зони північно-західного та субмеридіонального напрямів. Карто-схема регіональної неотектонічної будови Дніпробасу, за матеріалами багатоспектрального аерокосмічного зніманя та ЦМР, може використовуватись на попередніх етапах прогнозування, при пошуках похованих долин палеогенового віку, що можуть містити поклади бурого вугілля.

Дослідження детальних тестових ділянок підтвердили, що вугленосні палеодолини приурочені до відносно опущених блоків фундаменту УЩ, які мають прямий прояв у сучасному рельєфі, вираженій пониженням вододільних ділянок, розширенням долин, зменшенням нахилів схилів елементів долинних комплексів, заболочуванням та пере зволоженням поверхонь терас, заплав та вододільних теренів, що достатньо чітко читаються на багатоспектральних космічних знімках.