

І. Д. Багрій

ОЦІНКА ГАЗОНОСНОСТІ КАРБОНОВИХ ВІДКЛАДІВ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЯВІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЯВИЩ НА ШАХТАХ ДОНБАСУ (НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ ім. О. Ф. ЗАСЯДЬКА)

(Рекомендовано акад. НАН України П. Ф. Гожиком)

Изложены основные научно-методические положения разработанного в Институте геологических наук НАН Украины комплекса приповерхностных структурно-термоатмогеохимических исследований (СТАГИ) и результаты его применения при изучении закономерностей распределения эманационных и углеводных газов и современной геодинамической активности на угольных месторождениях Донбасса (на примере шахт "Томашовская" и им. А. Ф. Засядько). Обоснована целесообразность внедрения СТАГИ при оценке перспективности метаноносных структур угольных месторождений промышленной добычи газа — метана как энергетического сырья и прогнозирование участков возможных проявлений опасных газодинамических явлений.

The paper highlights the major scientific-methodological theses of the near-surface structural thermo-atmo-geo-chemical methods developed at the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine and the results of its implementation in the study of conformities of distribution of emanation and hydrocarbon gases and modern geodynamical activity at Donbas coal deposits (Tomashivska and O. F. Zasyadka mines). The research proves the expediency of applying structural thermo-atmo-geo-chemical methods for the evaluation of methane-bearing structures of coal deposits of industrial coal production (with methane as raw fuel material), as well as for forecasting the areas with potentially dangerous gas-dynamic processes.

Вступ

Проблемам газонасності карбонів відкладів присвячені тривалі (кінець XIX — початок XX ст.) та численні наукові дослідження, спрямовані на вивчення особливостей вмісту та розподілу вуглеводневих газів у пластах вугілля і вміщуючих породах. Ці питання розглядалися у двох головних аспектах: 1) газонасність (метанонасність) кам'яновугільних родовищ як визначальний чинник прояву небезпечних геодинамічних явищ (викидів порід, вугілля, вибухів газу та ін.) при проведенні гірничовидобувних робіт; 2) можливість використання (утилізації) метану як самостійного нетрадиційного виду енергетичної сировини.

Подальший розвиток вугільної промисловості Донбасу знаходиться у прямій залежності від успішного вирішення питань дегазації вугільних пластів та боротьби з геодинамічними явищами (ГДЯ). Збільшення глибин розробки вугільних родовищ веде до ускладнення гірничо-геологічних умов: зниження стійкості виробок, зміни напружено-деформованого стану гірського

масиву, збільшення газонасності та викидо-небезпеки. Найбільш економічні та соціальні втрати спричиняють ГДЯ: раптові викиди вугілля, породи і газу; гірничі удари, раптові обвали, прориви газу, видавлення вугілля. ГДЯ є причиною аварій на шахтах з людськими жертвами. При переході на більш глибокі горизонти газовий режим гірничих виробок (виділення в них метану та інших газів) стає основним чинником, який суттєво впливає на умови безпеки і стримує темпи гірничовидобувних робіт. З 200 шахт України 87% небезпечні по газу. Тому при видобуванні вугілля однією з найважливіших проблем забезпечення безпеки робіт є виділення метану з вугільних пластів у місцях розробки і там, де відбувається або планується підготовка до експлуатації вугільних родовищ.

Реструктуризація підприємств вугільної промисловості (виведення шахт із експлуатації) призвела до виникнення низки гострих екологічних проблем, серед яких важливе місце посідають наслідки дегазації вуглепородних масивів з міграцією до денної поверхні метану, вуглекислого газу та інших газів. У процесі консервації шахт "мокрим" методом виникають неординарні газогідродинамічні ситуації, зумовлені надзвичайно

© І. Д. Багрій, 2010

складною структурою відпрацьованого простору та активною геодинамікою вугільно-породного масиву. Це пов'язано з наявністю специфічних зон міграції газів, які є шляхами надходження метану у поверхневі відклади, ґрунтові води та атмосферне повітря шахтарських населених пунктів [18].

Виявлення та прогнозування ділянок максимального скупчення вуглеводневих газів, зон їх надходження до денної поверхні, можливих проявів ГДЯ залишаються до цього часу однією з найбільш складних проблем гірничовидобувної галузі. Такі прогнози базуються на вивченні геологічних факторів, що впливають на накопичення, зберігання та розподіл газів у породному масиві і літолого-фаціальні умови накопичення осадових відкладів, палеогеотемпературний режим, типи і параметри тектонічної (неотектонічної та сучасної) дислокованості [1, 5—7, 9, 10, 13]. В свою чергу, викидонебезпечні явища залежать від трьох природних факторів: газоносності, напруженого стану і фізико-механічних властивостей вугілля та вміщуючих порід.

Стан питання

Перші спеціальні дослідження умов та причин прояву раптових викидів вугілля і газу були проведені ще у 80-х роках XIX ст. після раптового викиду в 1879 р. на шахті "Аг-рапп" № 2 (Бельгія), у результаті якого загинули 122 шахтарі. Відтоді проблема викидів вугілля і газу стала предметом детальних досліджень. В нашій країні вивчення явищ раптових викидів вугілля і газу пов'язане з бурхливим розвитком вугільної промисловості перед Великою Вітчизняною війною та після її закінчення. У ці періоди інженери і вчені, працюючи над проблемою підвищення видобування вугілля у Донецькому басейні, зустрілися з проявами газодинамічних явищ значної потужності, кількість яких постійно зростала зі збільшенням глибин видобування вугілля. Це викликало необхідність розробки методів попередження і боротьби з викидами вугілля, порід, газу, в тому числі буріння випереджувальних дегазаційних свердловин з денної поверхні та у підземних виробках [6, 8, 16, 17].

Незважаючи на безсумнівні успіхи у розвитку теоретичних і наукових основ боротьби

з небезпечними ГДЯ, проблема залишається невирішеною. Кількість раптових викидів газу і порід зростає, що призводить до значних економічних збитків, а головне — до загибелі людей. При відсутності обґрунтованої теорії виникнення і розвитку ГДЯ орієнтування на окремі показники складу, властивостей, газонасичення, деформаційної напруги та тектонічної порушеності вугільних пластів та вміщуючих порід поки що не дозволили розробити надійні методи прогнозування загрозованих явищ у гірничих виробках. Негативно позначається відсутність комплексних досліджень геологічних умов прояву різних ГДЯ, як тих, що відбулися при проходці гірничих виробок, так і тих, що можуть бути передбачені при проведенні геологорозвідувальних робіт. Результати таких досліджень мають бути основою для пояснення природи і механізму ГДЯ та відповідних прогнозів, оцінок місць їх проявів.

Таким чином, комплексне освоєння вугільних родовищ Донецького басейну, вирішення питань дегазації об'єктів гірничовидобувної галузі, видобування, використання та утилізації метану, екологічної охорони довкілля, безпечного ведення гірничих робіт на діючих шахтних підприємствах потребують поглибленого вивчення геоструктури шахтних полів, їх газоносності на різних рівнях, в тому числі у приповерхневих умовах, обґрунтування науково-методичних основ пошуків промислових скупчень метану у нетрадиційних пастках як природного, так і техногенного походження. Одержання необхідної інформації може бути досягнуто при впровадженні у пошуковий процес експресних, малозатратних методів досліджень. До таких належить розроблений у відділі геоєкології та пошукових досліджень Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України комплекс структурно-термоатмогеохімічних досліджень (СТАГД), який впроваджений при прогнозуванні нафтогазоперспективних об'єктів у межах Дніпровсько-Донецького авлакогену, акваторії Чорного й Азовського морів, інших об'єктів.

В основу комплексу СТАГД покладені нові науково-методичні та прикладні розробки ІГН НАН України з удосконалення та впровадження в практику приповерхневих експресних методів прогнозування тектонічних зон підвищеної проникності (тріщинуватості, ро-

зущільнення) з метою вирішення пошукових та геологічних задач. Такі зони, як канали енергомасопереносу та шляхів газовиділення, включаючи радіоманації, дуже впливають на умови формування та зберігання покладів вуглеводнів, шляхи міграції до земної поверхні різних за складом і походженням флюїдів, в тому числі й тих, що є індикаторами структур, ділянок підвищеної газоносності. Наукове обґрунтування запропонованих методів досліджень, їх результатів та шляхів чи об'єктів впровадження детально висвітлені у роботах І. Д. Багрія [2–4]. Авторське право на наукову розробку "Комплексна методика структурно-термоатмогідрогеохімічних досліджень (СТАГД)" зареєстровано Державним департаментом інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України (свідоцтво на реєстрацію авторського права № 28 176, дата реєстрації 31.03.2009 р., автори Багрій І. Д., Гожик П. Ф.; патент "Спосіб прогнозування родовищ корисних копалин", № 47 419 від 25.12.2009 р., автор Багрій І. Д.).

В результаті вивчення та аналізу матеріалів і даних з широкого кола проблем, пов'язаних з метаноносністю вугільних родовищ Донбасу, фахівцями відділу геоекології та пошукових досліджень ІГН НАН України було визначено декілька представницьких площ для проведення комплексних структурно-термоатмогеохімічних досліджень, зокрема Томашівська та Краснолиманська площі, ділянки в межах гірничого відводу шахти ім. О. Ф. Засядька. Мета досліджень — визначення у межах полів діючих шахт ділянок, об'єктів підвищеної газоносності та дегазації, картування зон геодинамічної активності як природного, так і техногенного походження, а також можливих проявів небезпечних газодинамічних явищ, оцінка геоекологічних умов. З метою одержання необхідної результативності та ефективності запланованих досліджень їх основні обсяги були сконцентровані на ділянках у межах гірничого відводу шахти ім. О. Ф. Засядька. При цьому було враховано позитивний досвід застосування комплексу приповерхневих СТАГД з метою оцінки газоносності Томашівської площі (у межах полів шахт "Томашівська Північна" і "Томашівська Південна") [4].

Структурно-геологічне положення шахти ім. О. Ф. Засядька

В регіональному плані шахта ім. О. Ф. Засядька розташована у центральній частині Донецько-Макіївського геолого-промислового району Донецького вугільного басейну, на крилі Кальміус-Торецької улоговини, в зоні її зчленування з Торезько-Сніжнянською синкліналлю. Шахта знаходиться в межах великого тектонічного блока, обмеженого зі сходу Чайкинською, а з заходу — Ветківською флексурами, на півдні — системою диз'юнктивних порушень, що включає Коксовий, Мушкетівський, Французький насуви (рис. 1). В свою чергу, блок розташований в складних геотектонічних умовах, на перетині субширотного Південно-Донецького, субмеридіонального Керченсько-Слов'янського та діагонального Волновахо-Чернухинського глибинних розломів [1, 4, 17].

В адміністративному відношенні гірничий відвід шахти ім. О. Ф. Засядька знаходиться на території Київського району м. Донецьк, Червоногвардійського району м. Макіївка та Ясинуватського району Донецької області.

Поле шахти ім. О. Ф. Засядька складено відкладами середнього карбону — світ C_2^5 , C_2^6 , C_2^7 і частиною світи C_3^1 . Карбонові відклади представлені чергуванням різних за потужністю пісковиків, алеволітів, аргілітів, що вміщують порівняно малопотужні шари вапняків і вугілля. Порооди карбону прикриті більш молодими утвореннями палеогенового та четвертинного віку. Вугленосність — 57 вугільних пластів (на час досліджень розроблялись пласти m_3 і l_1).

Природною границею шахтного поля на заході є Ветківська флексура з поздовжніми насувами, на сході — вісь синкліналі північно-східного орієнтування у всіячому крилі Григорівського насуву; на півдні поле обмежене Семенівським та іншими насувами субширотного простягання. В межах поля шахти розломи встановлені на глибинах 1100—1300 м. На більшій його частині газоносність вугільних пластів характеризується як помірна, перехідна до високої. Викидонебезпечними є пласти вугілля m_3 , l_1 , l_4 , k_8 та вміщуючі їх пісковики (з глибин 400—600 м) [8, 11, 13].

Методика досліджень

Виходячи із геологічної будови, вугленості та газоносності шахтного поля шахти ім. О. Ф. Засядька, необхідності упереджувального прогнозу небезпечних ГДЯ при гірничовидобувних роботах та виявлення місць значних скупчень вуглеводневих газів (метану), що можуть в подальшому розглядатись як об'єкти дегазації, видобування й утилізації метану, у межах шахтного поля була визначена ділянка проведення комплексних приповерхневих СТАГД.

Ділянка розташована в північно-західній частині шахтного поля. Загальна площа ділянки — 3,4 км². Шахтою "Бутівська" протягом 1954—1983 рр. відпрацьований вугільний пласт n_1 , який в межах ділянки знаходиться на глибині 350—400 м. При наближенні до Ветківської структури під час видобувних робіт неодноразово відбувались вибухи газів і самозаймання вугілля. Вугільний пласт m_3 розробляється шахтою ім. О. Ф. Засядька на глибинах 1050—1200 м. На захід від ділянки знаходиться Ветківська флексура, ускладнена Ветківським насувом. При набли-

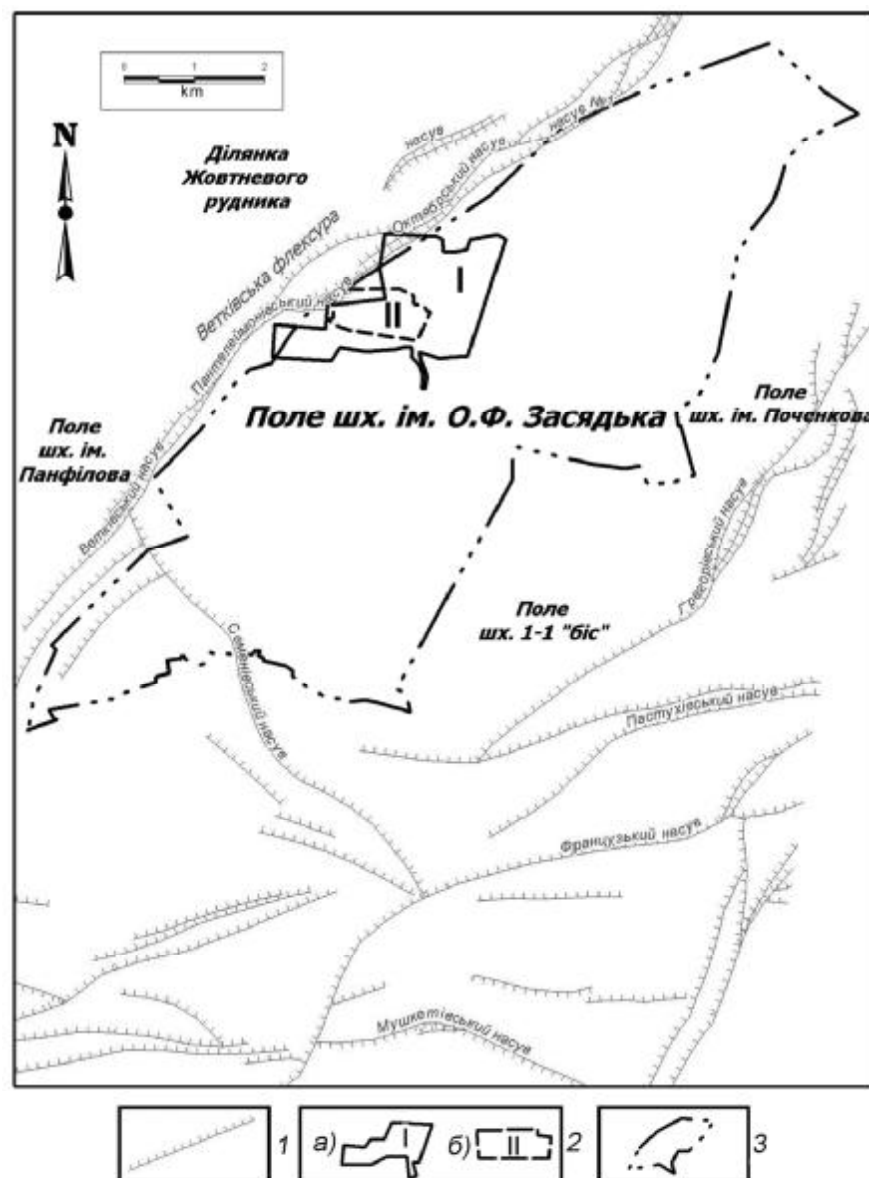


Рис. 1. Структурно-тектонічна схема шахтного поля шахти ім. О. Ф. Засядька та суміжних територій

1 — основні тектонічні порушення (насуви); 2 — ділянки СТАГД та їх номери: а) I — Північна, б) II — деталізаційних досліджень; 3 — контур шахтного поля

женні до Ветківської флексури прогнозується зона, небезпечна за ГДЯ. Під час гірничих робіт по пласту m_3 було розкрито декілька малоамплітудних (2—3 м) розривних порушень, субпаралельних насувів північно-східного простягання (центральна частина ділянки), зон тріщинуватості, зім'яття.

СТАГД проведені впродовж 2007—2009 рр. за трьома послідовними етапами.

На першому етапі — підготовчому (передпольовому) була виконана переінтерпретація матеріалів, що стосуються особливостей структурно-тектонічної будови та газоносності шахтного поля шахти ім. О. Ф. Засядька та визначених ділянок робіт, створені комп'ютерні бази фактографічних і картографічних даних, проведене дешифрування та інтерпретація матеріалів космічних зйомок (МКЗ), побудовані уточнені структурні карти, карти розломно-блокової тектоніки. При цьому використовувались плани гірничих робіт по окремих вугільних пластах, надані адміністрацією шахти ім. О. Ф. Засядька.

Основною метою дешифрування та інтерпретації матеріалів космічних зйомок на окремих ділянках СТАГД було виділення і картування лінеаментів, кільцевих структур, уточнення структурно-тектонічного плану проектних об'єктів польових досліджень, аналіз просторового співвідношення неотектонічних структур, а також структур новітньої активізації зі структурами, що закартовані за даними геолого-геофізичних робіт та пошуково-розвідувальних робіт, виділення розломних зон підвищеної тріщинуватості як можливих каналів чи шляхів міграції газових флюїдів. При дешифруванні використовувались космічні знімки різних типів, в основному регіонального та локального рівня генералізації: фотографічні космознімки KATE-200 та МКФ-6, сканерні космознімки Landsat MSS та Landsat ETM. Обробку та інтерпретацію матеріалів космічних зйомок виконували з застосуванням комп'ютерної техніки та спеціального програмного комплексу ERDAS Imagine. Результати дешифрування МКЗ по території шахтного поля шахти ім. О. Ф. Засядька відображені на рис. 2.

На завершальній стадії підготовчого етапу СТАГД з урахуванням картографічних відображень уточнених структурно-тектонічних побудов і результатів структурного

дешифрування та інтерпретації МКЗ внесені корективи у розміри і границі ділянок польових робіт, розраховані параметри мережі пунктів спостережень СТАГД, місця розташування пунктів. Ця процедура здійснювалась в комп'ютерному варіанті за програмою GPS Track Maker з наступним винесенням на великомасштабну топографічну основу. Координатна прив'язка проектних пунктів спостережень проведена за допомогою персонального навігатора GPS-системи Garmin GPS-12, що забезпечує вихід виконавців СТАГД на проектні пункти на місцевості.

Другий етап СТАГД — це польові роботи, а саме: газогеохімічні дослідження (радон, торон, вуглекислий газ, гелій, водень), термометричні дослідження, газогеохімічна зйомка за вільними вуглеводнями (метан, етан, пропан, бутан, ізобутан, етилен, пропілен, неопентан, ізопентан, пентан, гексан). Весь комплекс методів СТАГД (інструментальні виміри, відбір проб для проведення лабораторно-аналітичних досліджень) виконувався на одному і тому ж пункті спостережень, в одному і тому ж шпурі, який бурився на глибину 0,8—1,0 м діаметром 20—25 м.

Польові роботи були виконані на ділянці, визначеній на підготовчому етапі СТАГД, площею 3,4 км² (ділянка Північна) (рис. 2). Досліджування проведені за мережею пунктів спостережень, розміщених на профілях з такими показниками: відстань між профілями — 100—200 м, крок між пунктами на профілі — 100 м.

За даними наукових та теоретичних розробок, а також на підставі багаторічного досвіду впровадження атмогеохімічних методів з метою прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід найбільш інформативні результати можуть бути одержані при комплексуванні еманційних та газогеохімічних методів [3, 4]. Це положення визначало методичні особливості проведення газогеохімічних досліджень в комплексі СТАГД.

Лабораторно-аналітичні дослідження (визначення вмісту вуглекислого газу, гелію, водню, метану та його гомологів) газових проб, відібраних під час польових робіт, виконувались хроматографічним комплексом та аналітичним комп'ютерним комплексом обробки хроматограм ToolBox.

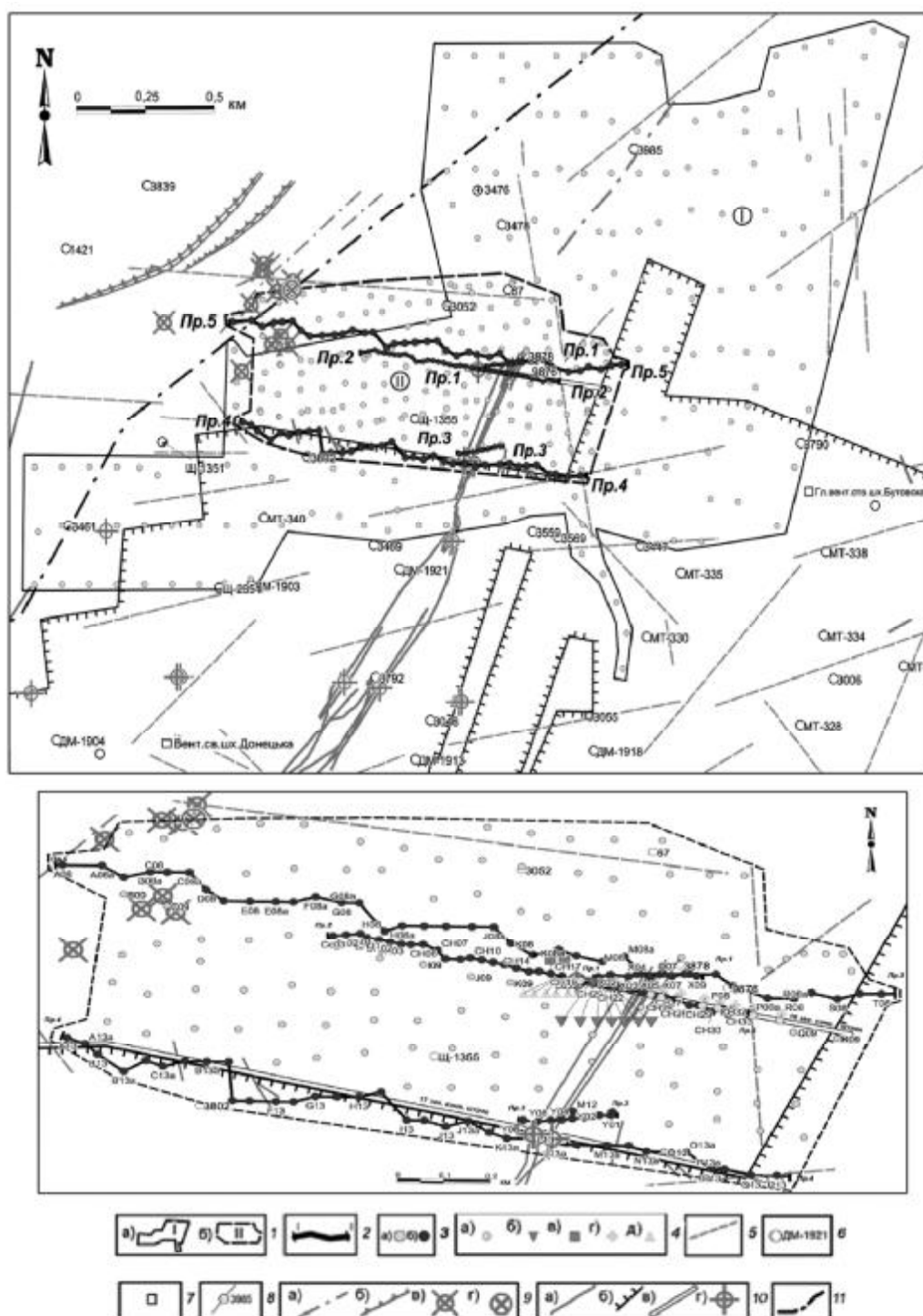


Рис. 2. Карта просторового розташування ділянок і пунктів спостереження СТАГД у межах гірничого відводу шахти ім. О. Ф. Засядька

1 — ділянки СТАГД та їх номери: а) I — "Північна", б) II — деталізаційних досліджень; 2 — профілі спостережень та їх номери; 3 — пункти спостережень СТАГД: а) площових, б) профільних; 4 — пункти атмогеохімічних досліджень у гірничій виробці (18 зах. конв. штрек): а) відбір проб газу у повітрі штреку, б) відбір проб газу із стінок штреку, в) дегазаційні свердловини та їх номери, із яких відбирались проби газу, г) відбір проб вугілля для вакуумної дегазації, д) відбір проб шламу із дегазаційної свердловини; 5 — лінеаменти за даними МАКС; 6 — свердловини та їх номери; 7 — шахтні стволи; 8 — тектонічне порушення за даними св. 3985; 9 — умовні позначення з плану гірничих робіт по пласту r_1 : а) очікуваний насув, б) насуви, в) осередки ліквідованих пожеж, г) місця вибуху газу; 10 — умовні позначення з плану гірничих робіт по пласту m_3 : а) розривні порушення та зони тріщинуватості за результатами проходки, б) границя відпрацьованої частини пласта, в) проходка станом на 05.2009 р., 18 і 17 зах. конв. штрек, г) місця раптових викидів газу, вугілля, порід; 11 — границя шахтного поля шахти ім. О. Ф. Засядька

На третьому етапі, згідно з методикою, проведено таке:

— математико-статистична обробка даних, визначення статистичних характеристик у рядах даних, в тому числі аномальних і фонових значень;

— комплексна інтерпретація результатів польових робіт і лабораторно-аналітичних досліджень (з обов'язковим використанням матеріалів підготовчого етапу СТАГД);

— районування території досліджень за результатами комплексної інтерпретації всіх даних і матеріалів, створення відповідних картографічних моделей;

— комплексна оцінка результатів СТАГД з позицій їх інформативності щодо перспективності вивчених об'єктів на видобування метану як енергетичної сировини та виділення зон можливих проявів небезпечних ГДЯ за обґрунтованими критеріями.

Математико-статистична обробка вибірок даних передбачала розрахунок двох головних параметрів, необхідних для визначення фонових та мінімально аномальних значень: середнього арифметичного (\bar{x}) та середнього квадратичного відхилення (S) за відомими формулами. З метою визначення геодинамічної активності об'єкта досліджень застосовувався інтегральний коефіцієнт показників вмісту радону, торону та вуглекислого газу (K_i):

$$K_i = \frac{\left(\frac{C_{Rn}}{C_{\phi Rn}} + \frac{C_{Tn}}{C_{\phi Tn}} + \frac{C_{CO_2}}{C_{\phi CO_2}} \right)}{3}, \quad (1)$$

де C_{Rn} , C_{Tn} , C_{CO_2} — вміст радону, торону, вуглекислого газу у пункті спостережень; $C_{\phi Rn}$, $C_{\phi Tn}$, $C_{\phi CO_2}$ — фонове значення вмісту радону, торону, вуглекислого газу на території досліджень; цифра 3 — кількість компонентів в інтегральному коефіцієнті.

При наявності даних в інтегральний коефіцієнт може бути включений гелій та водень.

Графічне відображення показників (значень) K_i дозволяє виконати геодинамічне районування території досліджень з виділенням ділянок з найменшою проникністю гірських порід (мінімальні значення K_i) та зонами розушільнення і підвищеної флюїдопроникності (контрастні значення K_i).

Автор вважає, що вибір в якості основи для інтерпретації даних приповерхневих

СТАГД карти розподілу показників значень K_i є найбільш аргументованим і доцільним. Така карта відображає блокову структуру території, що вивчається, а блокова структура чи будова об'єкта досліджень (в даному випадку шахтного поля) є визначальною для побудови відповідної геодинамічної моделі та оцінки в її структурі напрямків трасування чи орієнтування в просторі, масштабів, неотектонічної (сучасної) активності окремих блоків, зон, ділянок. В свою чергу, особливості розподілу та взаємного впливу цих зон і блоків можуть відігравати головну роль у розподілі газової складової вугленосних районів локальних ділянок.

З метою визначення головних особливостей розподілу показників вмісту (концентрації чи розсіювання) вуглеводневих газів був використаний у дещо спрощеному вигляді інтегральний коефіцієнт вмісту суми гомологів вуглеводнів:

$$C_{\text{вв}} = \sum C_i (C_2 - C_6), \quad (2)$$

де $C_i (C_2 - C_6)$ — сума вмісту вуглеводневих газів у пункті спостережень від етану (C_2) до гексану (C_6).

Більш детально методика обробки та інтерпретації даних СТАГД викладена у роботах І. Д. Багрія із співавторами [3, 4].

Спеціальні атмогеохімічні дослідження

Вперше на шахті ім. О. Ф. Засядька було виконано комплекс атмогеохімічних досліджень у гірничих виробках — 18 західному конвейерному штреку, конвейерному ходку східної уклінної лави пласта m_3 , вентиляційному ходку східної уклінної лави m_3 . Метою цих досліджень є таке:

— зіставлення даних СТАГД про розподіл вуглеводневих газів у підґрунтовому повітрі з такими ж у підземному просторі (у повітрі та в стінках гірничої виробки);

— визначення зон і місць можливого прояву небезпечних газодинамічних явищ під час проведення гірничих робіт;

— визначення зон, блоків, структур гірських порід, що характеризуються відносною стабільністю і можуть розглядатись як тіла підвищеної газоємності (метан).

Одночасно вирішувались питання особливостей змін складу та концентрації газів

по простягненню гірничої виробки (в напрямку вибою) в умовах примусової вентиляції, зміни складу та концентрації газів у вугільному пласті після його розкриття гірничою виробкою; склад та концентрації газів на стадії дегазації вугільного пласта.

Результати досліджень

Проведення комплексних СТАГД дозволило виявити і закартувати головні особливості у розподілі газів у підґрунтовому повітрі та температурних показників підґрунтового шару порід на території ділянки Північна (рис. 2).

Результати статистичної обробки рядів споріднених даних газогеохімічних досліджень (визначення особливостей розподілу концентрацій радону, торону, вуглекислого газу у підґрунтовій атмосфері) та вивчення міри їх корелятивності дозволили перейти до розробки узагальнюючого показника — інтегрального коефіцієнта K за цими даними. Карта розподілу показників значень K використана в якості основи при побудові вихідних прогностичних картографічних моделей.

Результати вивчення особливостей температурного поля в межах ділянок СТАГД дозволяють зробити достатньо обґрунтовані висновки, що аномальні значення температурних показників приурочені до тектонічно стабільних блоків, ділянок, де можливо накопичення вуглеводневих газів; зони сучасної тектонічної активності харак-

теризуються фоновими значеннями температури.

Під час обробки та інтерпретації даних польових досліджень за 2007 р. при проходці 18 західного конвейерного штреку стався раптовий викид газу, вугілля і порід. Прояв цього ГДЯ зумовив проведення деталізаційних площових та профільних СТАГД з метою можливого відображення небезпечного явища у розподілі чи характері газогеохімічних та температурних полів. Просторове положення ділянки деталізаційних досліджень і пунктів спостережень відображено на рис. 2. Дані, одержані при проведенні СТАГД на цій ділянці, та їх інтерпретація покладені в основу комплексу вихідних карт, з яких основними є такі: карта розподілу показників значень інтегрального коефіцієнта K (Rn+Tn+CO₂) з відображенням концентрацій водню і гелію; карта розподілу температурних показників підґрунтового шару порід; карта розподілу показників вмісту метану у підґрунтовому повітрі (рис. 3); карта розподілу суми вуглеводневих газів (етан, пропан, бутан, ізобутан, етилен, ізопентан, пентан, гексан). При побудові вихідних карт в якості основи використані плани гірничих робіт шахти ім. О. Ф. Засядька.

Після проведення картографічних побудов для визначення взаємозв'язку між вимірними параметрами було виконано кореляційний аналіз отриманих даних СТАГД. Результати кореляційного аналізу між визначеними показниками наведені у таблиці.

Коефіцієнт парної кореляції температурних, еманаційних та газогеохімічних показників деталізаційних СТАГД шахти ім. О. Ф. Засядька

	T	QRn	QTn	CO ₂	CH ₄ * 10 ⁻⁵	C ₂ H ₆ * 10 ⁻⁶	C ₂ H ₄ * 10 ⁻⁶	C ₃ H ₈ * 10 ⁻⁶	iC ₄ H ₁₀ * 10 ⁻⁶	nC ₄ H ₁₀ * 10 ⁻⁶	iC ₅ H ₁₂ * 10 ⁻⁶	nC ₅ H ₁₂ * 10 ⁻⁶
T	1,00											
QRn	0,17	1,00										
QTn	0,04	0,24	1,00									
CO ₂	0,02	0,13	0,04	1,00								
CH ₄ *10 ⁻⁵	-0,05	-0,50	-0,43	-0,21	1,00							
C ₂ H ₆ *10 ⁻⁶	0,11	-0,01	-0,11	-0,06	0,63	1,00						
C ₂ H ₄ *10 ⁻⁶	0,07	-0,02	-0,09	-0,04	0,57	0,90	1,00					
C ₃ H ₈ *10 ⁻⁶	0,13	0,03	-0,06	-0,10	0,50	0,87	0,79	1,00				
iC ₄ H ₁₀ *10 ⁻⁶	-0,01	-0,04	-0,13	-0,09	0,54	0,78	0,94	0,69	1,00			
nC ₄ H ₁₀ *10 ⁻⁶	0,04	-0,03	-0,14	-0,09	0,57	0,86	0,96	0,78	0,97	1,00		
iC ₅ H ₁₂ *10 ⁻⁶	0,04	-0,07	-0,16	-0,04	0,56	0,81	0,92	0,70	0,94	0,96	1,00	
nC ₅ H ₁₂ *10 ⁻⁶	0,06	-0,06	-0,16	-0,03	0,55	0,82	0,91	0,72	0,92	0,95	0,99	1,00

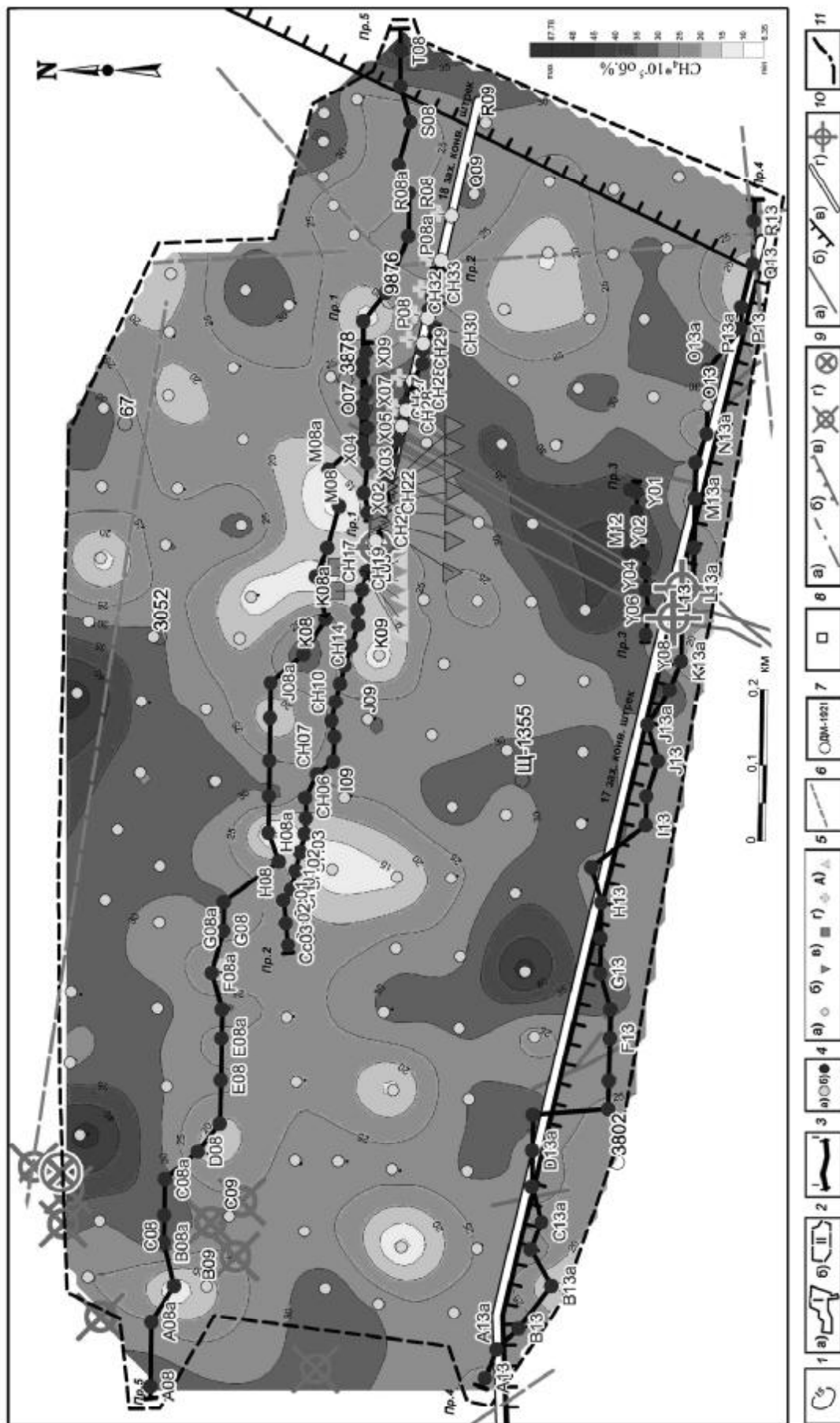


Рис. 3. Карта розподілу показників вмісту метану ($\text{CH}_4 \cdot 10^{-5}$ об. %) у підземному шарі повітря

1 — ізолінії показників вмісту метану; 2 — границя ділянки деталаційних досліджень; 3 — профілі спостережень та їх номери; 4 — пункти спостережень СТАД; а) площових, б) профільних; 5 — пункти атмогеохімічних досліджень у гірничій виробці (18 зах. конв. штрек); а) відбір проб газу у повітрі штреку, б) відбір проб газу із стінок штреку, в) дегазаційні свердловини та їх номери, із яких відбирались проби газу, г) відбір проб вугілля для вакуумної дегазації, д) відбір проб шламу із дегазаційної свердловини; 6 — лінементи за даними МАКС; 7 — свердловини та їх номери; 8 — свердловини та їх номери; 9 — 11 — див. на рис. 2

Значущість коефіцієнта кореляції значною мірою залежить від кількості проб у вибірці та визначеного коефіцієнта значущості. Для 180 пунктів спостережень та рівня значущості α коефіцієнт парної кореляції є такий:

Значущий ($\alpha=0,001$)	$ k \geq 0,24$
Середній ($\alpha=0,01$)	$0,19 \leq k < 0,24$
Слабкий ($\alpha=0,05$)	$0,16 < k < 0,19$

Для вирішення питань методичного змісту та обґрунтованого прогнозування ділянок, блоків, зон можливого накопичення метану та інших вуглеводнів, а також прог-

нозування місць можливих проявів ГДЯ на деталізаційній ділянці були виконані профільні СТАГД — всього п'ять профілів (рис. 2). Графіки розподілу на профілях даних СТАГД (показників вмісту у підґрунтового повітрі еманційних газів та вільних вуглеводнів, вуглекислого газу, температурних показників, значень інтегрального коефіцієнта та ін.) дали можливість уточнити результати площових досліджень, розташування зон можливої активізації геодинамічних процесів і приурочених до їх перетину проявів ГДЯ, визначити більш чітко ділянки накопичення метану та інших вугле-

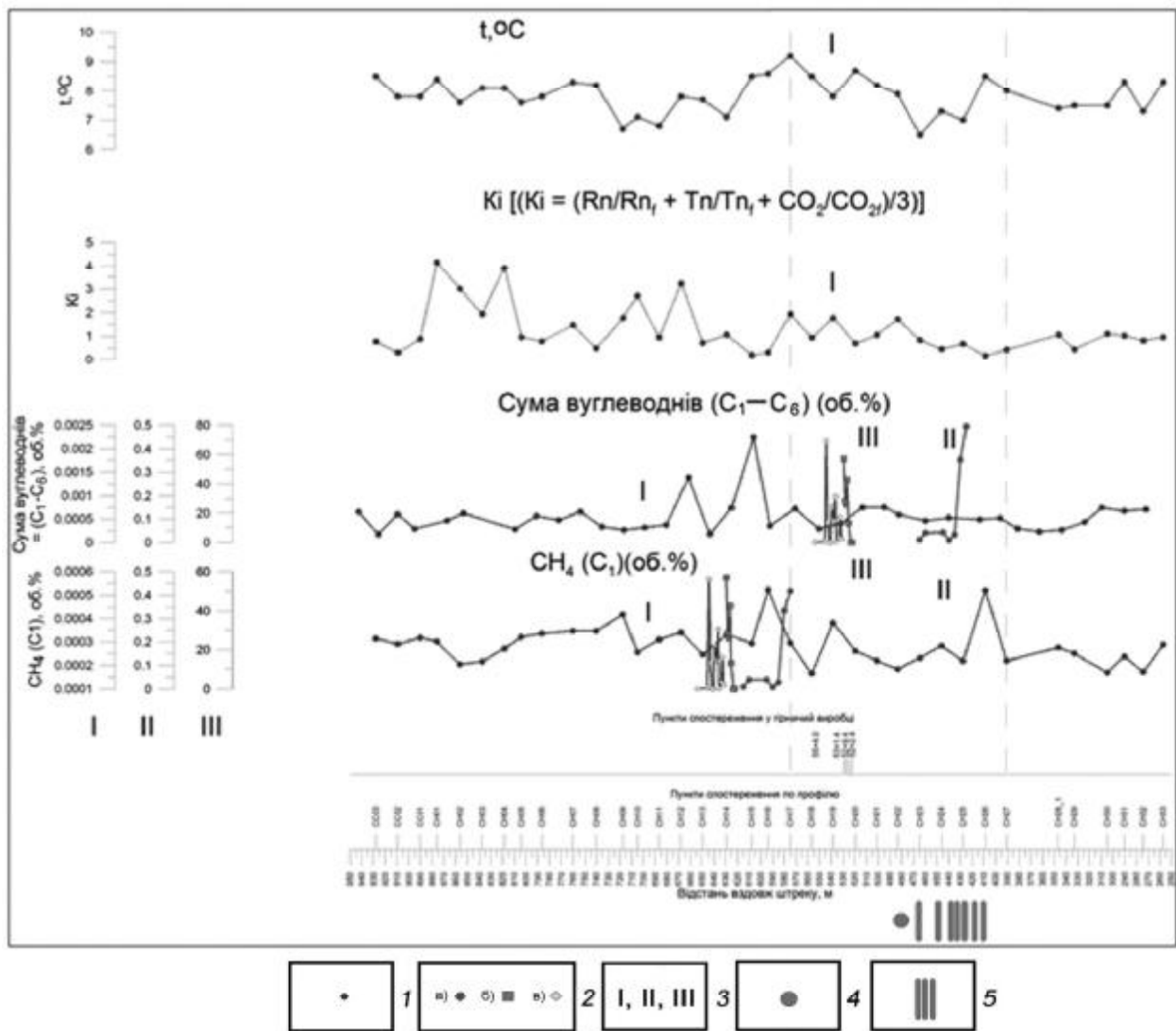


Рис. 4. Графік зіставлення даних профільних поверхневих СТАГД по профілю 2-2 та атмогеохімічних досліджень в 18 західному конвейерному штреку

1 — пункти спостережень СТАГД; 2 — пункти відбору проб газу із: а) стінок штреку, б) дегазційної св. 1 (у вибої штреку), в) дегазційної св. 2 (у вибої штреку); 3 — номери шкал, за якими визначались показники: I — поверхнев дослідження, II — дослідження у стінках штреку, III — дослідження у дегазційних свердловинах; 4 — проекція на денну поверхню місця раптового викиду газу у 18 зах. конв. штреку (пласт m_3); 5 — проекція на денну поверхню розривних порушень, виявлених під час проходки 18 зах. конв. штреку

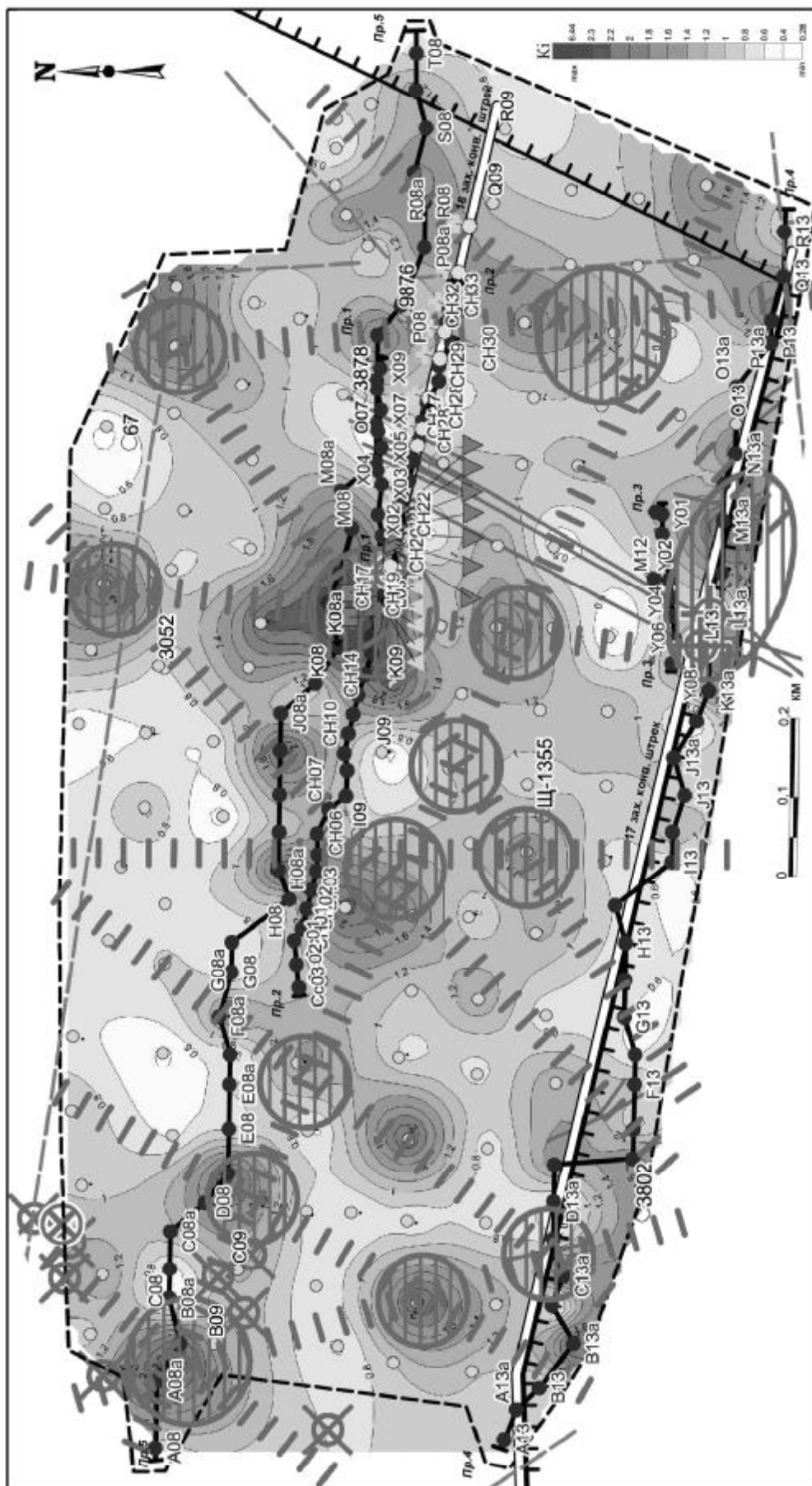


Рис. 5. Карта зон трищуватості та розуцільнення гірських порід, ділянок можливих проявів ІДН на ділянці деталізаційних досліджень (на основі карти розподілу показників значень та інтегрального коефіцієнта K_1)

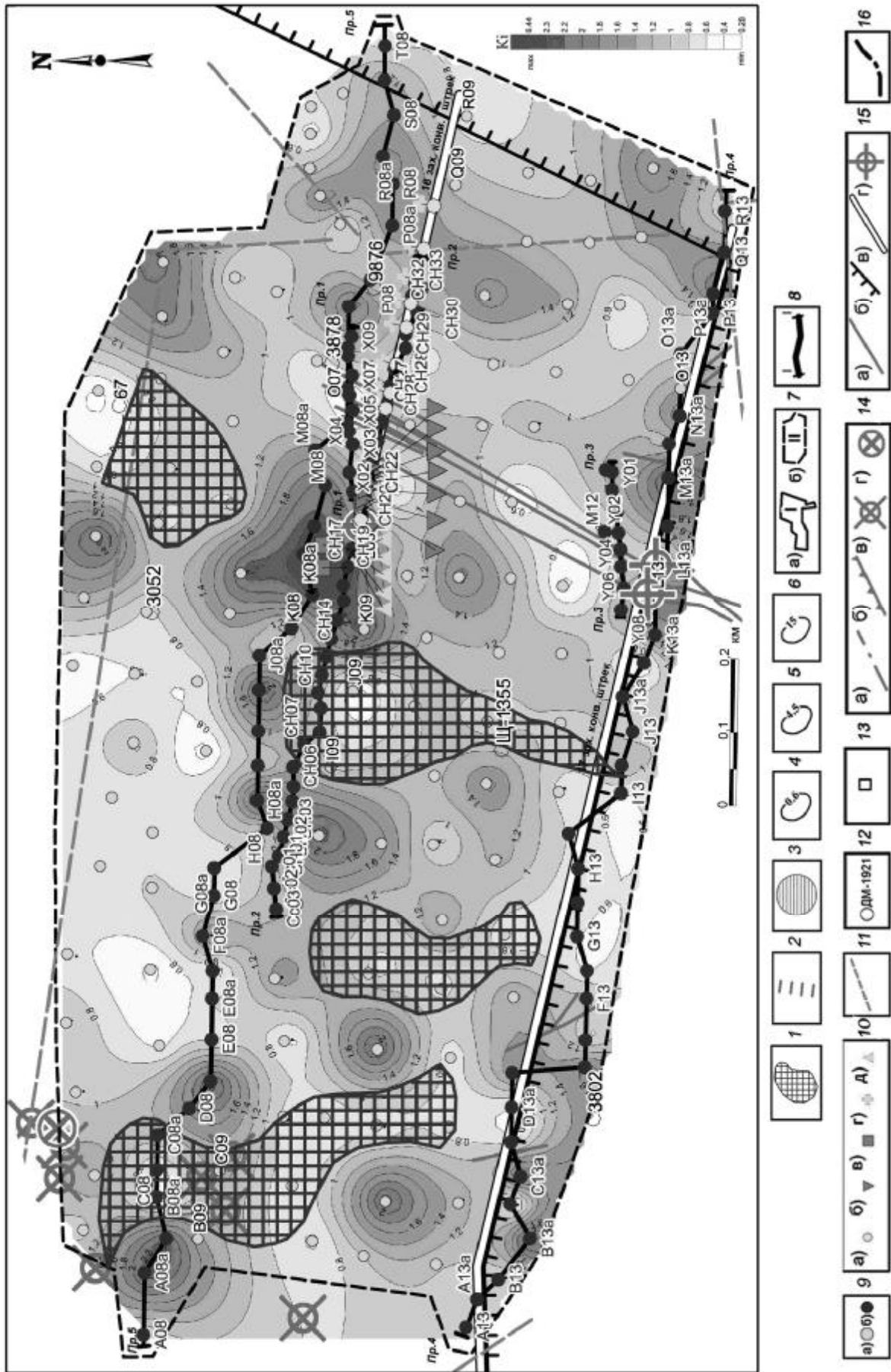


Рис. 6. Карта ділянок, перспективних на виявлення скупчень вуглеводневих газів (метану) на ділянці деталізаційних досліджень (на основі карти розподілу показників значень та інтегрального коефіцієнта K_i)

1 — ділянки, перспективні на пошуки вуглеводнів; 2 — зони тріщинуватості та розуцільнення гірських порід за даними СТАГД; 3 — вузли перетину геодинамічно активних зон (ділянки можливих проявів ГДЯ); 4 — ізолінії показників значень K_i ; 5 — ізолінії температурних показників; 6 — ізолінії показників вмісту метану; 7 — границя ділянки деталізаційних досліджень; 8 — профілі спостережень та їх номери; 9 — пункти спостережень СТАГД: а) площових, б) профільних; 10 — пункти атмогеохімічних досліджень у гірничій виробці (18 зах. конв. штрек): а) відбір проб газу у повітрі штреку, б) відбір проб газу із стінок штреку, в) дегазаційні свердловини та їх номери, із яких відбирались проби газу, г) відбір проб вугілля для вакуумної дегазації, д) відбір проб шламу із дегазаційної свердловини; 11 — лінементи за даними МАКС; 12 — свердловини та їх номери; 13 — шахтні стволи; 14 — умовні позначення з плану гірничих робіт по пласту n_7 : а) очікуваний насув, б) насуви, в) осередки ліквідованих пожеж, г) місця вибуху газу; 15 — умовні позначення з плану гірничих робіт по пласту m_3 : а) розривні порушення та зони тріщинуватості за результатами проходки, б) границя відпрацьованої частини пласта, в) проходка станом на 05.2009 р., 18 і 17 зах. конв. штрек, г) місця раптових викидів газу, вугілля, порід; 16 — границя шахтного поля шахти ім. О.Ф. Засядька

водневих газів. В цілому, профільні дослідження підтвердили тенденції в розподілі газових компонентів, які були визначені при площових дослідженнях, що свідчить про узгодженість результатів різних варіантів реалізації методів СТАГД та відтворюваність даних опробування — лабораторно-аналітичних робіт.

Основні результати досліджень та висновки

— Вперше на території діючої шахти ім. О. Ф. Засядька виконаний комплекс приповерхневих площових і профільних СТАГД з метою вивчення особливостей розподілу вуглеводневих газів у підґрунтовому шарі повітря, уточнення структурно-тектонічної будови шахтного поля, виділення ділянок, перспективних на пошуки вуглеводнів (метан), геодинамічних зон (зон розуцільнення гірських порід) та ділянок можливих проявів ГДЯ.

— Вперше створені комп'ютерні картографічні моделі газогеохімічних (еманаційні гази, вуглеводневі гази) та температурних полів; виконана їх наукова інтерпретація (з використанням карт-планів гірничих робіт шахти ім. О. Ф. Засядька) і визначено практичне значення встановлених особливостей і характеристик шахтного поля.

— Встановлені просторовий і генетичний зв'язки результатів приповерхневих СТАГД та атмогеохімічних досліджень у гірничих виробках з особливостями геолого-структурної будови шахтного поля, в тому числі просторового розподілу аномальних концентрацій і фонових полів еманаційних та вуглеводневих газів залежно від активності тектонічних структур і місць про-

яву в зонах їх впливу небезпечних ГДЯ, що ілюструється графіком зіставлення результатів площових приповерхневих СТАГД і атмогеохімічних досліджень в 18 західному конвейерному штреку (рис. 4).

— В просторовому розподілі газових компонентів (еманаційні гази — вуглеводневі гази) встановлена латеральна геохімічна зональність, наявність якої може бути використана для інтерпретації та виділення геодинамічно активних та стабільних зон і блоків.

— Вперше на полі діючої шахти ім. О. Ф. Засядька за результатами застосованого комплексу приповерхневих малозатратних експресних методів СТАГД виконана у вигляді картографічних моделей оцінка ділянок досліджень щодо їх перспективності на виявлення скупчень вуглеводневих газів (метану) (рис. 5), а також виділена система геодинамічно активних зон, перетин яких класифікується як ділянка можливого прояву ГДЯ (рис. 6).

— Створені фактографічні і картографічні комп'ютерні бази даних і результатів СТАГД та атмогеохімічних досліджень у гірничих виробках та матеріалів шахти ім. О. Ф. Засядька (планів гірничих робіт, геологічних розрізів та ін.).

— В методику СТАГД внесені уточнення щодо модифікацій польових робіт, обробки та інтерпретації одержаних результатів у гірничо-геологічних умовах діючих вугільних шахт.

— Доведена доцільність та ефективність впровадження методики СТАГД у комплексі з атмогеохімічними дослідженнями у гірничих виробках при уточненні структурних моделей кам'яновугільних родовищ, виділення в їх межах об'єктів, перспективних на пошуки скупчень вуглеводневих газів (перш за

все метану), визначення місць закладання з поверхні дегазаційних свердловин, картуванні зон підвищеної дегазації шахтних полів та можливих проявів ГДЯ, оцінки екологічного стану територій та вирішення інших прикладних проблем та задач.

Рекомендації щодо впровадження методів СТАГД при вивченні газонасності вугільних родовищ

Результати виконаних науково-дослідних робіт дозволяють запропонувати такі рекомендації щодо подальшого впровадження методів СТАГД при поверхневому вивченні газонасності вугільних товщ.

1. При проведенні гірничих робіт з підготовки до видобування і власне видобування вугілля (підробки вугільних пластів) застосувати комплекс приповерхневих експресних методів СТАГД. Ділянки СТАГД доцільно розташовувати вздовж гірничих виробок як діючих, так і тих, що проєктуються. При цьому ділянка СТАГД повинна охоплювати і діючу частину гірничої виробки, і ту, що запланована. Такий підхід дозволить в першому випадку зіставити результати поверхневих досліджень з даними підробки вугільного пласта і розподілом газонаснення масиву гірських порід та гірничої виробки, у другому — виконати обґрунтовану інтерпретацію даних СТАГД і надати прогноз щодо очікуваних структурно-тектонічних та геолого-гірничих умов. Роботи повинні виконуватись як в площовому, так і профільному варіантах. Головна мета — упереджено оцінити рівень геодинамічного напруження гірських порід і можливість прояву ГДЯ при підробці вугільних пластів. Не виключено, що за результатами таких робіт можуть бути запропоновані місця закладання з поверхні дегазаційних свердловин.

2. СТАГД рекомендується виконувати в декілька етапів: перший, рекогносцирувальний, масштаб — близько 1:10 000, мережа пунктів спостережень 100x100 м — 75x75 м; другий, великомасштабний (близько 1:5000 і більше), з мережею пунктів спостережень 50x50 м. На деталізаційних профілях вздовж діючих гірничих виробок та їх проєктного продовження рекомендується крок спостережень витримувати від 10 до 20 м.

3. Методи СТАГД можуть бути застосовані при оцінці полів відпрацьованих, виве-

дених із експлуатації шахт з метою прогнозування ділянок, природних чи техногенних структур як об'єктів промислового видобування метану. Позитивний досвід таких робіт одержаний при проведенні СТАГД на Томашівській площі [4].

1. Анциферов А. В., Тиркель М. Г., Хохлов М. Т. и др. Газонасность угольных месторождений Донбасса. — Киев: Наук. думка, 2004. — 230 с.
2. Багрій І. Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоекологічних та пошукових задач. — К., 2003. — 149 с.
3. Багрій І. Д., Гладун В. В., Гожик П. Ф. та ін. Нафтогазоперспективні об'єкти України. Прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької газонафтоносної області з застосуванням комплексу нетрадиційних приповерхневих методів досліджень. — К.: Варта, 2007. — С. 135—183.
4. Багрій І. Д., Почтаренко В. І., Дубосарський В. Р. та ін. Застосування комплексу приповерхневих структурно-термоатмогеохімічних методів (СТАГД) з метою оцінки газонасності вугільних родовищ Донбасу та вирішення геоекологічних проблем (на прикладі Томашівської площі) // Геолог України. — 2008. — № 3. — С. 47—57.
5. Бондарчук В. Г., Чередніченко О. І. Про природу раптових викидів вугілля, порід та газу в шахтах Донбасу // Доп. АН УРСР. Сер. Б. — 1971. — № 10. — С. 870—873.
6. Булат А. Ф., Звягильский Е. Л., Лукинов В. В. и др. Угленородный массив Донбасса как гетерогенная среда. — Киев: Наук. думка, 2008. — 411 с.
7. Геологические факторы выбросоопасности пород в Донбассе / В. Е. Забигайло, А. З. Широков, И.С. Белый и др. — Киев: Наук. думка, 1974. — 270 с.
8. Гуня Д. П. Обґрунтування параметрів фільтрації метану з підробленого вуглепородного масиву в свердловині: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.09. — Дніпропетровськ, 2008. — 20 с.
9. Забигайло В. Е. Геологические основы теории прогноза выбросоопасности угольных пластов и горных пород. — Киев: Наук. думка, 1978. — 164 с.
10. Забигайло В. Е., Лукинов В. В., Широков А. З. Выбросоопасность горных пород Донбасса. — Киев: Наук. думка, 1983. — 288 с.

11. Звягильский Е. П., Сукачев А. Н., Бокий Б. В. Опыт исследования низкоуглеродной газовой составляющей шахтопластов шахты им. А. Ф. Засядько с целью безопасной добычи угля. — Севастополь: Вебер, 2004. — 40 с.
12. Иванова А. В. Газоносність вугленосної формації карбону Донбасу // Геол. журн. — 2006. — № 4. — С. 382—386.
13. Лукинов В. В., Пимоненко Л. И. Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса. — Киев: Наук. думка, 2008. — 352 с.
14. Майданович И. А., Радзивилл А. Я. Особенности тектоники угольных бассейнов Украины. — Киев: Наук. думка, 1984. — 120 с.
15. Опыт исследования ацетиленосности угольных пластов шахт Донецко-Макеевского района / А. Н. Сукачев, А. Я. Радзивилл, В. В. Касьянов, А. И. Сусло. — Киев, 1992. — 36 с. — (Препр. / АН Украины. Ин-т геол. наук; 92-9).
16. Состояние и перспективы разработок по прогнозированию динамических явлений в угольных шахтах / В. С. Савчук, Ю. А. Куделя, И. А. Майданович. — Киев, 1987. — 53 с. — (Препр. / АН УССР. Ин-т геол. наук; 87-43).
17. Тиркель М. Г., Анциферов В. А., Глухов А. А. Изучение газоносности угленосных формаций. — Донецк: Вебер, 2008. — 208 с.
18. Янукович В. Ф., Азаров Н. Я., Алексеев А. Д. и др. Решение геозкологических и социальных проблем при эксплуатации и закрытии угольных шахт. — Донецк: Алан, 2002. — 480 с.

Ин-т геол. наук НАН України,
Київ

Стаття надійшла
25.03.10

E-mail: ignnanu@geolog.freenet.kiev.ua