

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНО-ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РОДОВИЩ ГОРЮЧИХ СЛАНЦІВ ТА ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПОКЛАДІВ БОВТИСЬКОЇ ІМПАКТНОЇ СТРУКТУРИ

**І.Д. Багрій¹, В.І. Почтаренко², В.Р. Дубосарський³, О.О. Янцевич⁴,
В.Г. Семенюк⁵, М.В. Грига⁶, О.М. Малишев⁷, І.П. Гафіч⁸**

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

¹ Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: bagrid@ukr.net
Доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора.

² Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна.
Старший науковий співробітник.

³ Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: dvr2569@mail.ru
Старший науковий співробітник.

⁴ Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: ajalexandr@ukr.net
Кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник.

⁵ ТОВ «Смарт-Енерджи».
Головний інженер.

⁶ Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: griega@ukr.net
Кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник.

⁷ Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна.
Гідрогеолог I категорії.

⁸ ПРАТ «Нафтогазвидобування», Полтава, Україна, E-mail: GafichIP@dtek.com
Керівник департаменту з геології – головний геолог.

Розглянуто можливості та ефективність використання комплексних приповерхневих пошукових технологій при вивченні геолого-структурно-геохімічних особливостей формування нетрадиційних родовищ енергетичних ресурсів в умовах імпактних структур (на прикладі Бовтиської структури). Проведені дослідження дозволили внести уточнення у структурно-тектонічні особливості досліджуваного об'єкта і скласти комплект карт, що відображають розподіл температурних і газових показників, зон і ділянок різної геодинамічної активності та флюїдопроникності. В цілому використання технологій структурно-термо-атмогеохімічних досліджень (СТАГД) дозволяє заздалегідь визначити в межах імпактної структури ділянки, перспективні на виявлення скупчень вуглеводнів.

Ключові слова: імпактна структура, структурно-тектонічні особливості, приповерхневі пошукові технології, термометричні і газогеохімічні показники, флюїдопроникні зони, вуглеводні.

GEOLOGICAL-STRUCTURAL-GEOCHEMICAL FEATURES OF OIL SHALE AND HYDROCARBON DEPOSITS FORMATION OF BOLTYSH IMPACT STRUCTURE

I.D. Bahriy¹, V.I. Pochtarenko², V.R. Dubosarskyi³, O.O. Yantsevych⁴, V.G. Semenyuk⁵, N.V. Hryha⁶, O.N. Malyshev⁷, I.P. Gaphych⁸

(Recommended by academician of NAS of Ukraine P.F. Gozhik)

¹ Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: bagrid@ukr.net
Doctor of geological sciences, senior researcher, deputy director.

² Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
Senior researcher.

³ Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: dvr2569@mail.ru
Senior researcher.

⁴ Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: ajalexandr@ukr.net
Candidate of geological sciences, senior researcher.

⁵ LLC "Smart Energy".
Chief engineer.

⁶ Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: griega@ukr.net
Candidate of geological sciences, senior researcher.

⁷ Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
Hydrogeologist of 1st category.

⁸ Pr.JSC "Naftogazvydobuvannya", Poltava, Ukraine, E-mail: GafichIP@dtek.com
Chief geologist.

The facilities and efficiency of complex near-surface search technologies application at studying of geological-structural-geochemical features of unconventional deposits of energy resources formation in the conditions of impact structures (for example, Boltys structure) are considered. Conducted investigations provide an opportunity to clarify the structural-tectonic features of the studied object and to construct a set of maps which shows the distribution of temperature and gas indicators, zones and areas with various geodynamic activity and fluid permeability. In general, application of STAGR technologies enables to allocate areas prospective on hydrocarbons within impact structure.

Key words: impact structure, structural and tectonic features, near-surface search technologies, thermometric and atmogeochemical indicators, zones of higher fluid permeability, hydrocarbons.

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И УГЛЕВОДОРОДОВ БОЛТЫШСКОЙ ИМПАКТНОЙ СТРУКТУРЫ

И.Д. Багрий¹, В.И. Почтаренко², В.Р. Дубосарский³, А.О. Янцевич⁴, В.Г. Семенюк⁵, М.В. Грига⁶, О.М. Малышев⁷, И.П. Гафич⁸

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

¹ Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: bagrid@ukr.net
Доктор геологических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора.

² Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина.
Старший научный сотрудник.

³ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: dvr2569@mail.ru
Старший научный сотрудник.*

⁴ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: jalexandr@ukr.net
Кандидат геологических наук, старший научный сотрудник.*

⁵ *ТОВ «Смарт-Енерджи».
Главный инженер.*

⁶ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: griega@ukr.net
Кандидат геологических наук, старший научный сотрудник.*

⁷ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина.
Гидрогеолог I-й категории.*

⁸ *ЧАО «Нефтегаздобыча», Полтава, Украина, E-mail: GafichIP@dtek.com
Руководитель департамента геологии – главный геолог.*

Рассмотрены возможности и эффективность применения комплексных приповерхностных поисковых технологий при изучении геолого-структурно-геохимических особенностей формирования нетрадиционных месторождений энергетических ресурсов в условиях импактных структур (на примере Болтышской структуры). Проведенные исследования позволили уточнить структурно-тектонические особенности изучаемого объекта и составить комплект карт, отражающих распределение температурных и газовых показателей, зон и участков различной геодинамической активности и флюидопроницаемости. В целом, применение технологий структурно-термо-атмогеохимических исследований (СТАГИ) позволяет предварительно выделить в пределах импактной структуры участки, перспективные на выявление скоплений углеводородов.

Ключевые слова: импактная структура, структурно-тектонические особенности, приповерхностные поисковые технологии, термометрические и газогеохимические показатели, флюидопроницаемые зоны, углеводороды.

Вступ

Ще в другій половині ХХ ст. у всьому світі імпактні структури (астроблеми) почали вивчати як можливі нетрадиційні джерела вуглеводневих ресурсів та інших корисних копалин. В Україні дослідженням структурно-геологічної будови імпактних структур та їх перспектив нафтогазоносності були присвячені роботи В.О. Краюшкіна, В.П. Клочка, Є.П. Гурова та багатьох інших. При цьому враховувався досвід відкриття й експлуатації родовищ нафти і газу, пов'язаних з імпактними структурами в США, Канаді, інших країнах, та родовищ горючих сланців. В останні роки стало очевидним, що для вивчення та оцінки нафтогазоперспективності імпактних структур, крім традиційних методів геологорозвідувальних робіт (сейсморозвідки, магніто- і гравірознавдя, буріння свердловин тощо), потрібно застосовувати комплекс поверхневих, достатньо інформативних досліджень – геолого-структурно-термо-атмогеохімічних зйомок. Об-

ґрунтування методичних засад нової технології оцінки нафтогазоносності імпактних структур викладені в роботах І.Д. Багрія [Гожик та ін., 2010; Багрій, 2013, 2015].

В Україні відомо сім імпактних структур: шість у межах Українського щита – УЩ (Бовтиська, Ротмістрівська, Зеленогайська, Іллінецька, Західна, Тернавська) та одна на східному схилі УЩ до Дніпровсько-Донецької западини – ДДЗ (Оболонська) (рис. 1). На думку В.О. Краюшкіна та Є.П. Гурова, Оболонська структура може розглядатись як новий об'єкт, перспективний на вуглеводневу сировину (1989 р.). Інститутом геологічних наук НАН України разом з НАК «Нафтогаз України» були підготовлені пропозиції з вивчення Оболонської структури глибоким бурінням.

Найбільшою за розмірами є Бовтиська імпактна структура. Її зовнішній діаметр за даними дешифрування космічних знімків перевищує 50 км, а діаметр кратера дорівнює 24 км. Структура належить до найбільш

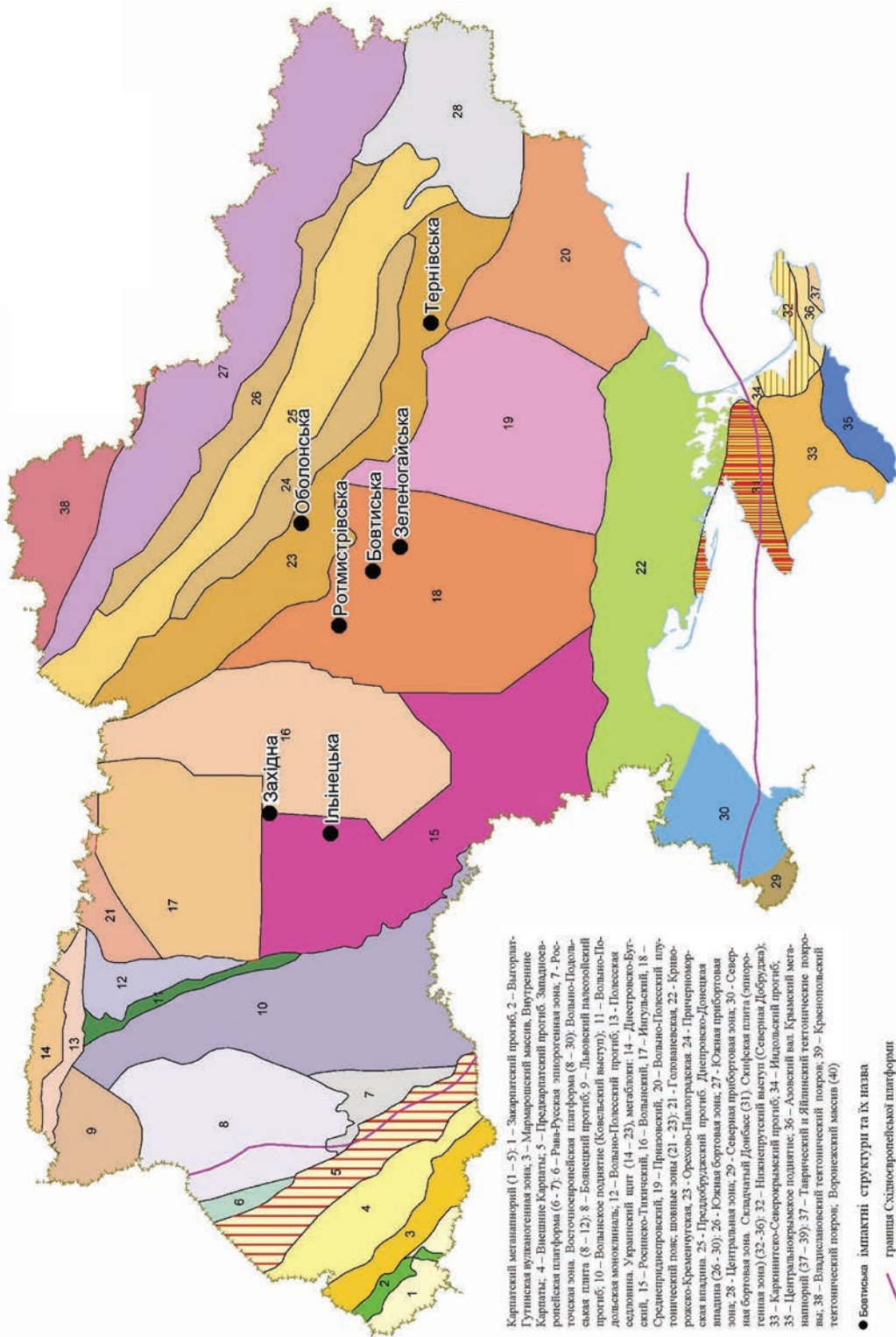


Рис. 1. Схема розташування відомих імпактних структур у межах території України (на основі Схеми тектонічного районування України, С.С. Круглов, 2007 р.), м-бу 1:6 000 000

Fig. 1. Location of the known impact structures within Ukraine (based on Scheme of tectonic zoning of Ukraine, S.S. Kruglov, 2007), scale 1: 6,000,000

вивчених геологічних об'єктів. Це пов'язано з тим, що тут виявлено родовище горючих сланців [Басс и др., 1967; Гурский и др., 2010; Михайлов та ін., 2011]. При геологорозвідувальних роботах на родовищі пробурено більш як 500 свердловин (рис. 2). Вивчалась Бовтиська структура і при геологозйомочних та інших спеціальних роботах, а також при наукових дослідженнях. Зокрема, в 2010-2011 рр. структура оцінювалась як об'єкт, перспективний на сланцевий газ [Михайлов та ін., 2013]. Будова структури розглянута в численних опублікованих роботах, а також звітах за результатами геологорозвідувальних робіт, тематичних і наукових досліджень.

Зважаючи на те, що Бовтиська імпактна структура була безпосереднім об'єктом наших досліджень, де вперше застосовувались нові пошукові технології, вважаємо за доцільне зупинитись на деяких особливостях геологічного розрізу, положення у фізичних полях і розломно-блоковому каркасі, що дозволить більш обґрунтовано підійти до інтерпретації результатів запланованих польових, лабораторно-аналітичних і камеральних робіт. Надалі такий матеріал буде викладено з урахуванням останніх робіт і досліджень в районі Бовтиської структури та на підставі узагальнення, аналізу й інтерпретації фактографічних даних і картографічних матеріалів попередніх виконавців.

Бовтиська структура розташована на границі Кіровоградської і Черкаської областей, в басейні р. Тясмин, правої притоки р. Дніпро. В центральній частині структури знаходиться м. Олександрівка (рис. 3).

На денній поверхні, над структурою, рельєф характеризується наявністю пологої практично ізометричної депресії діаметром близько 24 км. Абсолютні відмітки поверхні в центральній частині депресії змінюються від 150 до 165 м над рівнем моря. В крайових частинах рельєф підвищується, і відмітки становлять 180-200 м (у межах передбачуваного корінного валу). Радіальні притоки р. Тясмин течуть до центра депресії, яка просторово відповідає кратеру імпактної структури.

Віднесення Бовтиської структури до імпактних (метеоритних) утворень обґрунтовано в численних роботах [Вальтер, Рябенко,

1977; Голубев та ін., 1974; Гуров, Гожик, 2006, 2010; Масайтис и др., 1980; Рябенко и др., 1982; Gurov et al., 2003, 2006; Holker, Dentsch, 1996]. Є інший підхід до розуміння генетичної природи структури. А.Я. Радзівілл розглядав Бовтиську структуру як складову так званої Середньодніпровської кільцевої тектоно-магматичної структури і наголошував на її ендегенній природі [Радзівілл, Довгаль, 1973; Радзівілл, 1976]. Ю.І. Федорин за результатами тематичних геофізичних та морфометричних досліджень відносить Бовтиську структуру до ендегенних центрального типу (2011 р.).

Автори цієї роботи в своїх дослідженнях виходили із положень про метеоритне походження структури, яка утворилась на межі крейди і палеогену (± 65 млн років).

За численними дослідженнями Бовтиська структура має складну будову, де виділяються:

1. Кратер діаметром 24 км і глибиною понад 1100 м, округлої форми. В кратері встановлено центральне підняття, висота якого над істинним дном становить близько 550 м. Підняття оточене кільцеподібним внутрішнім кратером діаметром 11-12 км.

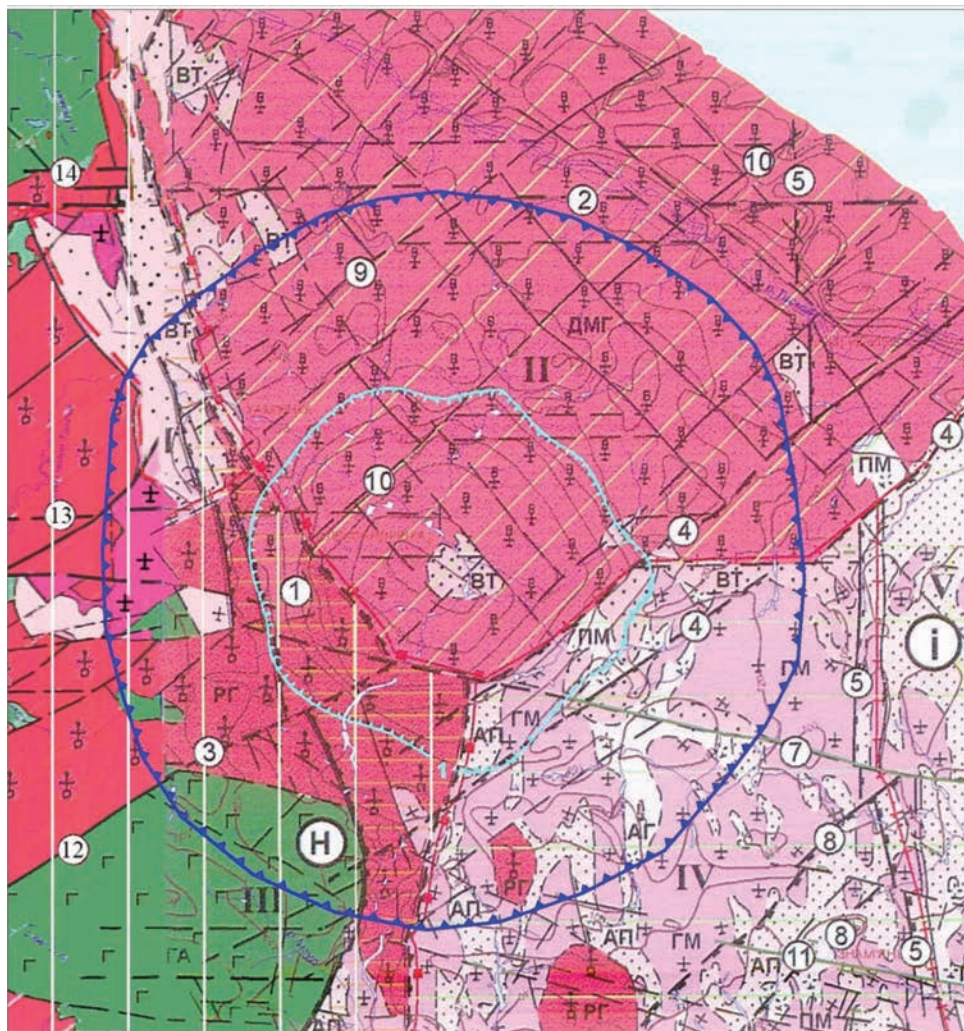
2. Корінний вал, який значною мірою еродований і спостерігається у вигляді фрагментарних залишків (здебільшого вони лише передбачувані, а не такі, що спостерігаються фактично). Вал оточує кратер у вигляді кільця. Ширина валу – близько 7 км, абсолютні відмітки поверхні у найвищих пунктах 180-200 м. Перевищення валу над оточуючим фундаментом становить 50-70 м. Залишок корінного валу спостерігається лише у північно-західній частині структури, де біля м. Кам'янка долина р. Тясмин розкриває катаклазовані граніти. На решті площі імпактної структури вони перекриті четвертинними відкладами.

В гравітаційному полі Бовтиська структура картується за інтенсивним ізометричним мінімумом сили тяжіння діаметром 22-23 км. Кратер виділяється концентричною негативною гравітаційною аномалією інтенсивністю від -4,5 до -11,5 мГал. У межах корінного валу спостерігається низка позитивних локальних аномалій сили тяжіння різної інтенсивності. В аномальному магнітному полі структура практично не проявлена.

Положення Бовтиської структури по відношенню до структур різного порядку і породних комплексів кристалічного фундаменту УЩ наведена на рис. 2.

При цьому кристалічний фундамент розглядається як цокольна частина структури (доударна матриця метеоритного тіла).

За схемою регіонального геолого-структурного районування кристалічного фундаменту УЩ район Бовтиської структури входить до складу Кіровоградського блоку 1-го порядку та одночасно знаходиться на перетині двох структурно-формаційних зон: Інгуло-Інгулецької і Кіровоградської.



М-6 1:400 000

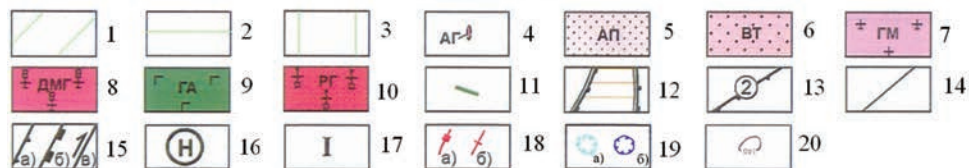


Рис. 2. Положення кратера Бовтиської імпульсної структури по відношенню до структур кристалічного фундаменту (основа – фрагмент карти Тектонічної схеми кристалічного фундаменту, аркуш М-36-XXVII; м-б 1:500 000 [Пояснювальна..., 2004]

Fig. 2. The position of the crater of Bovytska impact structure towards the structures of the crystalline basement (base – a fragment of the map Tectonic scheme of crystalline basement, sheet M-36-XXVII; scale 1 500 000 [Пояснювальна..., 2004]

Умовні позначення до рис. 2

Структурно-формаційні зони:

Інгуло-Інгулецька: 1 – Чигиринська підзона, 2 – Приінгульська підзона;
3 – Кіровоградська.

Структурно-речовинні комплекси:

Метаморфічні утворення:

4 – прогеосинклінальний структурно-формаційний комплекс палеоархею. Амфіболіт-гнейсова формація (аульська серія);
5 – протогоосинклінальний структурно-формаційний комплекс палеопротерозойської евміогеосинклінали. Флішоїдна метаалевроліт-метапісковикова формація (чечеліївська світа);
6 – метавулканогенна кременево-сланцева формація. Метавулканогенно-метатеригенна підформація (верхня підсвіта спасівської світи).

Ультраметаморфічні інтрузивні утворення:

Стадія орогенезу (консолідації кори континентального типу):

7 – формація граніт-мігматитова (кіровоградський комплекс);
8 – формація діорит-монзоніт-гранітова (новоукраїнський комплекс).

Протоплатформна стадія тектоно-магматичної активізації (корсунь-новомиргородський і дайковий комплекси):

9 – формація габро-анортозитова;
10 – формація рапаківігранітна;
11 – діабазова формація.

Розривні порушення:

12 – зона Кіровоградського глибинного розлому;
13 – *головні регіональні розривні порушення:* 1 – Кіровоградський глибинний розлом, 2 – Тимошівсько-Галещинський, 3 – Глодоський, 4 – Чигиринський, 5 – Знам'янський, 7 – Цибулівський, 8 – Мар'ївський, 12 – Глодосько-Панчівський, 13 – Шполянський, 14 – Тимошівсько-Галещинський (Тарасівський);
14 – *другорядні розривні порушення:* 9 – Ревівсько-Худоліївський, 10 – Косарсько-Погорельський, 11 – Олександрійський;
15 – різновиди розломів: а) підкид, б) скид, в) здвиг.

Блокові структури Кіровоградського блоку:

16 – блоки 2-го рангу: Н – Новоукраїнський, І – Інгульський;
17 – блоки 3-го рангу: І – Райгородський, ІІ – Чигиринський, ІІІ – Корсунь-Новомиргородський, ІV – Єлизаветградський, V – Знам'янський;
18 – межі блоків: а) 2-го рангу, б) – 3-го рангу;
19 – Бовтиська імпактна структура, контури: а) кратера, б) передбачуваного корінного валу;
20 – ізогіпси поверхні кристалічного фундаменту (проведені через 20 м)

Legend to Fig. 2

Structural-formatinal zones:

Ingulo-Inguletska: 1 – Chygyrynska subzone, 2 – Pryingulska subzone;
3 – Kirovohradska.

Structural-material complexes:

Metamorphic formations:

4 – progeosynclinal structural complex of Paleoproterozoic. Amphibolite-gneiss formation (Aulska series);
5 – protogeosynclinal structural complex of Paleoproterozoic evmiogeosyncline. Flish metaaleurolite-metasandstone formation (Checheliyivska suite);
6 – metavolcanogenic silicious-shale formation. Meta volcanogenic-metaterrigenous subformation (upper Subsuite of Spasivska suite).

Ultrametamorphic intrusive formations:

Stage of orogeny (consolidation of crust of continental type):

7 – granite-migmatite formation (Kirovograd complex);
8 – diorite-monzonite-granitea formation (Novoukrainskyi complex).

Protoplatform stage of tectonic-magmatic activation (Korsun-Novomyrghorodskyi and Daykovyi complexes):

9 – gabro-anorthosite formation;
10 – rapakivigranite formation;
11 – diabase formation.

Faults:

12 – Kirovograd deep fault zone;
13 – major regional faults: 1 – Kirovograd deep fault, 2 – Tymoshivsko-Haleschynskyi, 3 – Hlodoskyi, 4 – Chygyrynskyi, 5 – Znamyanskyi, 7 – Tsybulivskyi, 8 – Maryivskyi, 12 – Hlodosko-Panchivskyi, 13 – Shpolyanskyi, 14 – Tymoshivsko-Haleschynskyi (Tarasivskyi);
14 – minor faults: 9 – Revivsko-Hudoliyivskyi, 10 – Kosarsko-Pogorelskyi, 11 – Oleksandriyskyi;
15 – types of faults: a) upthrow fault b) throw fault, c) shift fault.

Block structures of Kirovograd block:

16 – blocks of the 2nd rank: N – Novoukrainskyi, I – Ingulskyi;
17 – blocks of the 3rd rank: I – Raigorodskyi, II – Chygyrynskyi, III – Korsun-Novomyrghorodskyi, IV – Yelyzavetgradskyi, V – Znamyanskyi;
18 – the limits of blocks: a) 2nd rank, b) 3rd rank;
19 – Bovtyska impact structures, contours: a) crater, b) predictable main shaft;
20 – contour line of crystalline basement (made in 20 m)

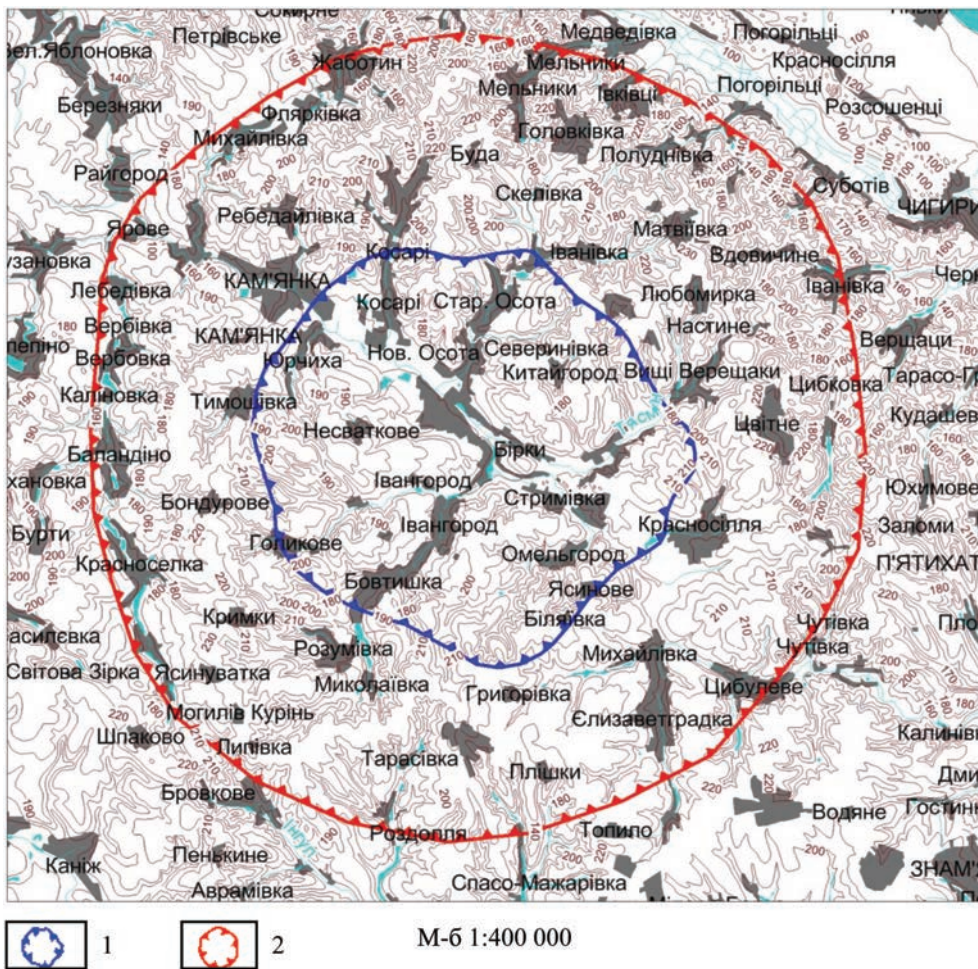


Рис. 3. Схема топографічного положення Бовтиської імпаکتної структури на топографічній основі
 Контури: 1 – кратера, 2 – передбачуваного корінного валу

Fig. 3. Scheme of topographic position of Bovytska impact structure on the topographic base
 Contours: 1 – crater, 2 – predictable main shaft

Цокольна частина кратера структури знаходиться в полі розвитку рапаківіподібних гранітів корсунь-новомиргородського комплексу (PR₂). Близько до центра кратера виділяється незначне за розмірами (майже 4x4 км) утворення метавулканогенної кремнево-сланцевої формації (спасівська світа сланців і гнейсів – PR₁). В оточенні кратера і в межах корінного валу також переважають рапаківіподібні граніти; на південному заході виділяється блок габро-анортозитів (PR₂); в північно-західній частині структури, в зоні Кіровоградського розлому закартовані діорит-монзоніт-гранітова формація, а також гнейси і сланці спасівської світи. Різка зміна складу порід і структур кристалічного фундаменту спостерігається в південно-східній

частині структури (в закратерній частині і корінному валу), де виділяються поля флішної метаалевроліт-метапіщаної формації (чечеліївська світа – PR₁) і тіла гранітів і мігматитів кіровоградського комплексу (PR₁) та інгулецького комплексу (AR₂). Контакт між породами корсунь-новомиргородського і гранітоїдами кіровоградського та інгулецького комплексів знаходиться в зоні Чигиринського розлому скидового характеру (рис. 2). Така особливість кристалічного фундаменту в південно-східній частині Бовтиської структури повинна бути врахована при інтерпретації даних поверхневих термоатмогеохімічних зйомок. У центральній частині кратера свердловинами розкриті катаклазовані граніти і гнейси.

Навколо центрального підняття у внутрішньому кратері у вигляді кільцеподібної товщі потужністю понад 250 м залягає комплекс імпактних порід (імпактний комплекс). Діаметр внутрішнього кратера 11-12 км. Товща цього комплексу порід розкрита понад 60 свердловинами (рис. 4), які були пробурені при геологорозвідувальних роботах і геологічній зйомці. Але лише одна св. 11475 перебурила імпактний комплекс на всю його потужність. Внутрішній кратер заповнений ударнорозплавленими породами, галогенними брекчіями, зювітами,

розплавленими імпактитами. За даними Є.П. Гурова (2010 р.), повна потужність ударнорозплавлених порід становить 211 м. На поверхні ударнометаморфічних порід залягає покрив зювітів потужністю близько 30 м. У галогенних брекчіях спостерігаються уламки, валуни різних розмірів, складені імпактитами, катаклазованими кристалічними породами, зювітами тощо.

Навколо кратера Бовтиської структури геологічними зйомками закартовані та охарактеризовані науково-дослідними роботами (В.А. Губев, В.П. Бранський, А.А. Вальтер,

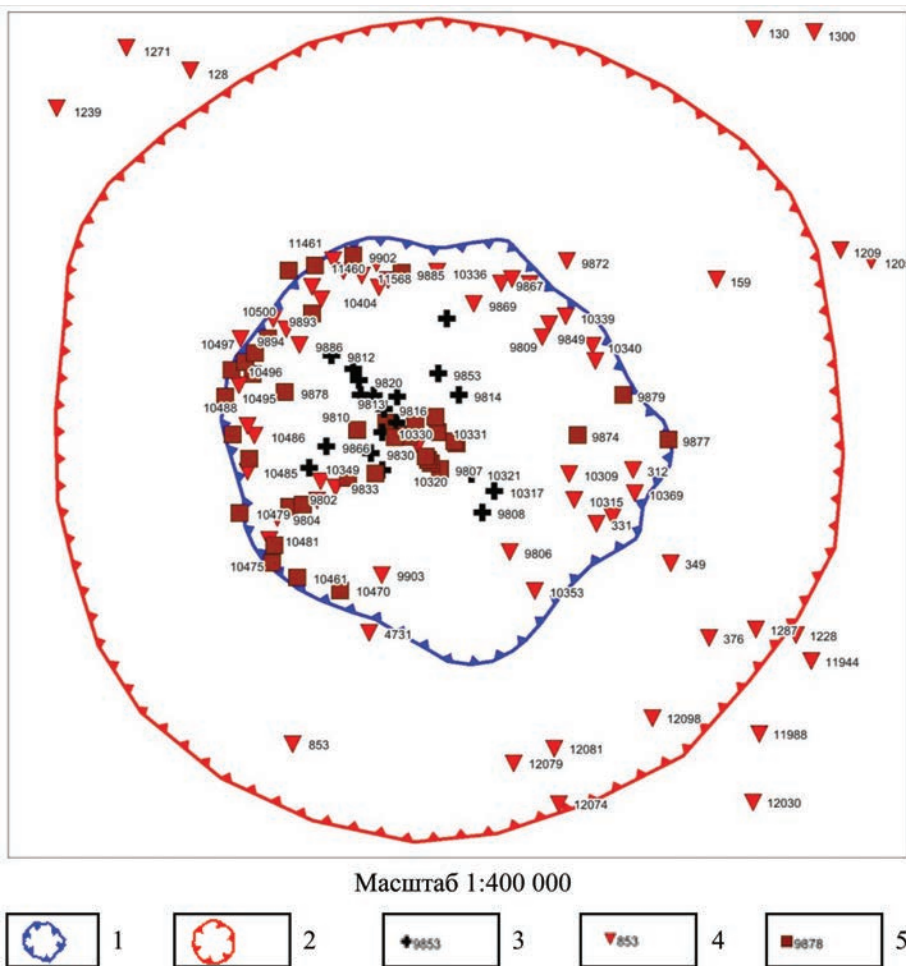


Рис. 4. Схема розташування свердловин у межах Бовтиської імпактної структури

Контури: 1 – кратера, 2 – передбачуваного корінного валу;

Свердловини, які розкрили: 3 – породи імпактного комплексу, 4 – породи кристалічного фундаменту, 5 – катаклазовані породи кристалічного фундаменту

Fig. 4. Location of wells within Bovtyska impact structure

Contours: 1 – crater, 2 – predictable main shaft;

Wells penetrated: 3 – impact complex rocks, 4 – crystalline basement rocks, 5 – cataclased rocks of crystalline basement

Є.П. Гуров та ін.) закратерні викиди та скупчення уламків осадових і кристалічних порід, які утворилися внаслідок їх вивітрювання і руйнування, віднесені до райгородської світи палеоцену (P_{1rg}). Релікти цих викидів розташовані в районі Бовтиського кратера на площі 6400 км², залягають в знижених частинах рельєфу і депресіях. Середня потужність викидів 15-25 м. Брекчії й уламковий матеріал кристалічних порід у викидах зцементовані піщано-глинистою масою.

В Бовтиській котловині на кристалічному фундаменті та імпактних породах залягає так звана бовтиська товща. За літологічним складом в ній виділяються п'ять горизонтів з максимальною потужністю в центрі кратера (В.К. Грабовський, 1967 р.). Основна частина розрізу товщі складена алевритами, глинистими сланцями, горючими сланцями, мергелистими глинами. Основним об'єктом тривалих досліджень були горизонти з пачками горючих сланців як можливої сировини для видобування газу. Товща горючих сланців розглядається як Бовтиське промислове родовище газової сировини. Вік бовтиської товщі палеоцен – ранній еоцен. Фаціальне утворення товщі належить до відкладів опріснених лагун, а в бокових частинах котловини – до пролювіально-делювіальних, зсувних та обвальних.

Численними дослідженнями горючих сланців різними організаціями ще за часів Радянського Союзу встановлено, що вони можуть використовуватись як паливо для електростанцій, різних мастил, висококалорійного газу тощо. За підрахунками із смол Бовтиського родовища горючих сланців можна вилучити 800 млн сирої нафти. Елементарний склад горючих сланців (%): С^c – 83,46; Н^c – 11,43; S^c – 1,11; N^c – 0,89; O^c – 3,11; вуглеводні (ВВ) – 1-3; C_{орг.} – 5-38. Середня потужність продуктивного горизонту горючих сланців – 250 м; вміст вільних ВВ – 2 м³/м³; прогнозні ресурси сланцевого газу – 200 млрд м³ (основною складовою вуглеводневих газів є метан – 80-90%).

Вище по розрізу залягає комплекс піщано-глинистих порід еоцену, олігоцену та четвертинного віку. Загальна потужність осадової товщі, що виповнює кратер, досягає 570 м.

Район Бовтиської імпактної структури характеризується достатньо складною тектонічною будовою. Він входить до складу Кіровоградського блоку 1-го рангу. Крім того, виділяються блоки другого порядку: Корсунь-Новомиргородський, Райгородський, Єлизаветградський, Знам'янський, Іванівський та ін. (рис. 2).

Для розуміння структурно-тектонічних особливостей району розташування Бовтиської структури є сітка розломів різного рангу (рис. 2). Провідне значення надається Кіровоградському глибинному розлому 2-го рангу. Розлом перетинає в напрямку південний схід – північний захід Бовтиську структуру в її західній частині, в тому числі крайову захід-південно-західну частину кратера. Розлом розглядається як зона тектоно-магматичної активізації, з поширенням проявів окварцювання, сульфідизації, апатитової і рідкіснометальної мінералізації. За своєю морфологією Кіровоградський розлом являє собою систему круто нахилених у східному напрямку скидів, які супроводжуються катаклазом, мілонітизацією, гідротермально-метасоматичними змінами кристалічних порід.

Крім Кіровоградського розлому 2-го рангу, виділяються розломи більш низьких рангів, які також відіграють важливу роль в структурно-тектонічній позиції кристалічного фундаменту району Бовтиської структури. Розломи перетинають структури в різних напрямках: Знам'янський – в субмеридіональному; Чигиринський, Глодоський – в північно-східному; Цибулівський – в північно-західному; Тимошівсько-Галещинський, Ревівсько-Худоліївський – в субширотному.

В районі досліджень значно поширені також другорядні розломи. Найімовірніше, вони характеризуються відносно невеликою глибиною закладання та ускладнюють внутрішню структуру крупних тектонічних блоків, часто підкреслюються зонами магнітного і гравітаційних полів. У межах таких розломів встановлені незначні за потужністю (метри, перші десятки метрів) зони тріщинуватості, катаклазу, рідше – мілонітизації. Кристалічні породи змінені процесами хлоритизації, епідотизації, лематизації, сульфідизації, карбонатизації.

Тектонічні порушення у верхньому поверсі мають незначну амплітуду та зумовлені

нерівномірними коливаннями епейрогенічних рухів окремих блоків земної кори в умовах платформного режиму.

Вивчення гідрогеологічних умов району здійснювалось впродовж багатьох років при геологознімальних, пошуково-розвідувальних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних роботах, дослідженнях режиму підземних вод. У центральній частині Бовтиської котловини водонасиченість порід вивчена недостатньо. Трапляються обводнені прошарки локального характеру (В.К. Грабовський, 1967). На бортах котловини (кратера) в піща-

них та уламкових відкладах формуються напірні води, які характеризуються високими фільтраційними властивостями. Води прісні, гідрокарбонатно-сульфатно-натрієві.

В 2014 р. у районі Бовтиської імпактної структури згідно з технологією виконані структурно-термо-атмогеохімічні дослідження (СТАГД) (свідоцтво України № 28176 автор. право на твір І.Д. Багрій, П.Ф. Гожик: реєстрація 31.03.2009 р.). Площа робіт дорівнює 1951 км², кількість пунктів спостережень – 181, мережа пунктів – 4х4 км (рис. 5). Мета досліджень – вивчення особливостей

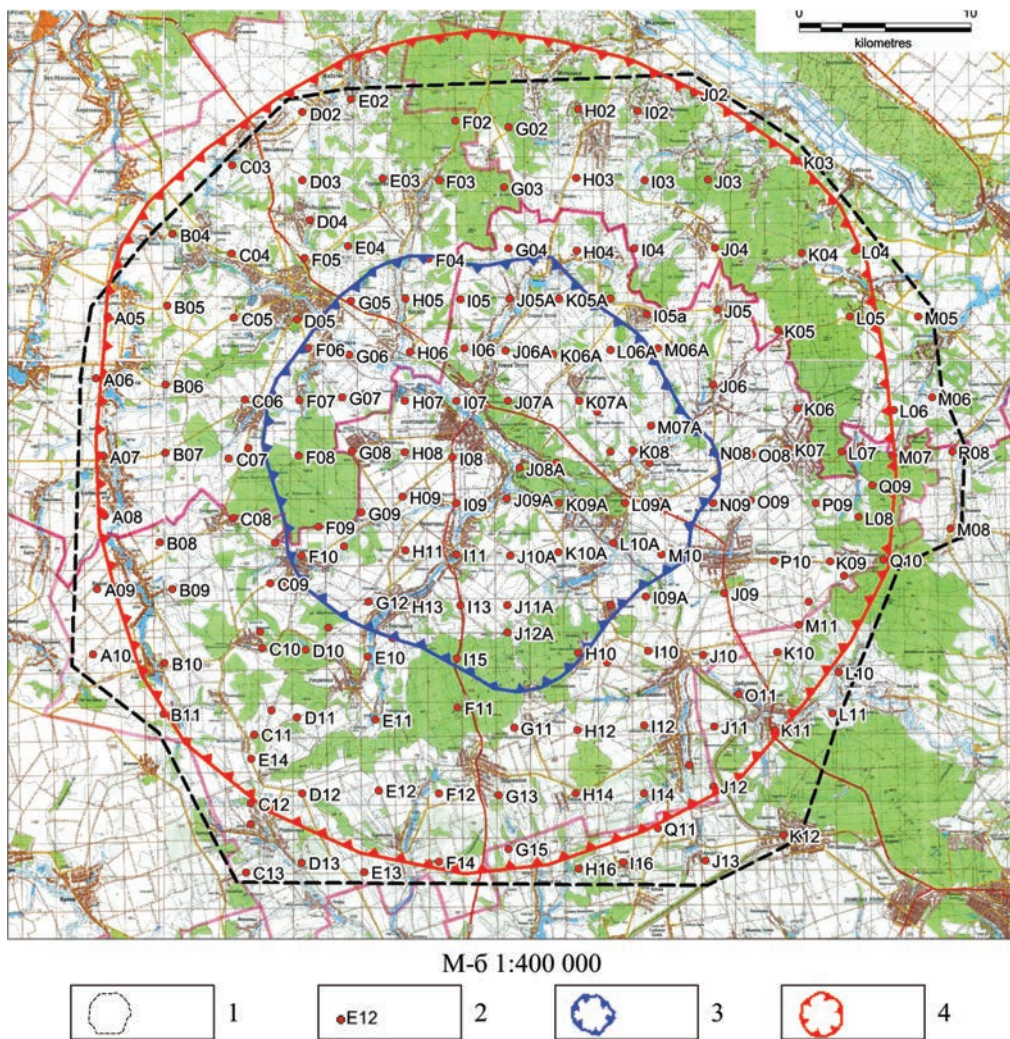


Рис. 5. Карта просторового розміщення пунктів спостережень СТАГД на топографічній основі м-б:1:100 000

1 – межа площі досліджень; 2 – пункти спостереження та їх номери; контури: 1 – кратера, 2 – передбачуваного корінного валу

Fig. 5. The spatial distribution map of STAGS observation points on a topographic base of the scale 1: 100 000
1 – boundary of research area; 2 – points of observation and their numbers; contours: 1 – crater, 2 – predictable main shaft

структурно-геологічної будови і газонасності комплексом поверхневих методів досліджень. Етапи досліджень: 1) підготовчий етап – аналіз та обробка матеріалів геолого-геофізичних робіт; структурне-неотектонічне дешифрування матеріалів космічних зйомок; 2) при проведенні польових робіт – газогеохімічні дослідження (визначення у підґрунтовому повітрі концентрацій радону, торону, водню, гелію, вуглекислого газу; термометричні дослідження (визначення температури підґрунтового шару порід); газогеохімічні дослідження за вільними ВВ (відбір проб підґрунтового повітря для визначення в лабораторних умовах об'ємних концентрацій метану, етану, етилену, пропану, пропілену, ізобутану, бутану, ізопентану, пентану, гексану). Під час камеральних робіт виконано математично-статистичну обробку результатів польових спостережень і лабораторно-аналітичних досліджень; розглянуто весь комплекс геолого-геохімічних показників досліджуваної території для до-

сягнення необхідної об'єктивності при інтерпретації температурних і газових полів та окремих ореолів. На заключному етапі побудовано комплект спеціальних карт і підготовлено рекомендації щодо подальших досліджень Бовтиської структури з метою прогнозування площ та ділянок, перспективних на видобування ВВ.

Результати систематизації та аналіз матеріалів геолого-геофізичних робіт у районі Бовтиської структури викладено вище.

Структурне дешифрування космічних знімків цього району проведено в комплексі СТАГД.

Складені детальні схеми дешифрування матеріалів дистанційних зйомок (лінеamenti, лінеаментні зони та дугові елементи кільцевих структур) при інтерпретації накладались на сучасний рельєф та гідромережу (рис. 6). При цьому використовувались космічні знімки Landsat ETM+, насамперед 8-й канал високого розрізнення, збільшений до м-бу 1:50 000.

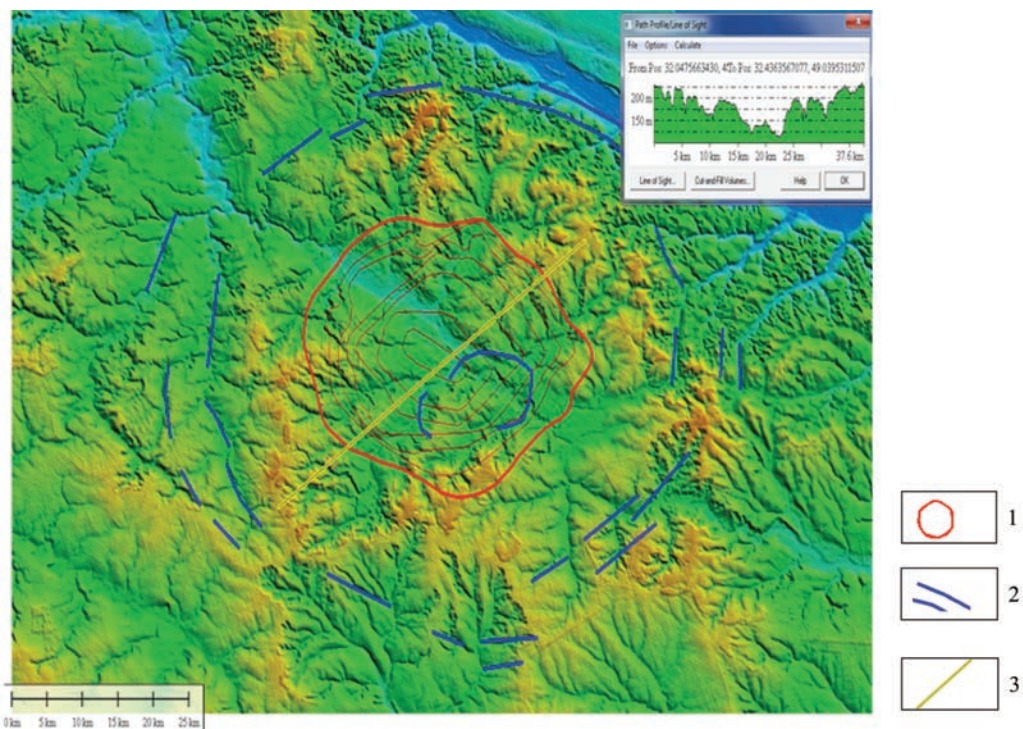


Рис. 6. Вираженість Бовтиської кільцевої структури у 3D рельєфі сучасної земної поверхні та геоморфологічний профіль (ізолініями відображено поверхню фундаменту Бовтиської структури)
1 – контур кратера; 2 – кільцеві структури; 3 – геоморфологічний профіль

Fig. 6. Bovytska ring structure in 3D relief of modern earth surface and geomorphological profile (isolines show the basement surface of Bovytska structure)
1 – contour of crater; 2 – circular structures; 3 – geomorphological profile

Відображення Бовтиської кільцевої структури у 3D рельєфі сучасної денної поверхні та геоморфологічний профіль через структуру наведено на рис. 6. Геоморфологічний аналіз району Бовтиської структури виконано з допомогою програми Global Mapper. Структура виражена у сучасному рельєфі як конусоподібна депресія.

При створенні детальної схеми дешифрування було виконано статистичний аналіз поля лінементів з використанням програми Winlessa. В результаті аналізу побудовані роза лінементів Бовтиської структури і карта щільності лінементів. Згідно з розою лінементів у межах структури найбільш впевнено фіксуються лінементи північ–північно-західного (330° - 340°), північно-західного (310° - 315°) і широтного (270°) простягання. Також чітко виділяються лінементи північ–північно-східного (15° - 20°) та північно-східного (45°) напрямків. Лінементи меридіонального напрямку виділяються менш чітко. Максимальною щільністю лінементів характеризується периферійна частина Бовтиської структури.

Локальні лінементи об'єднуються в лінементні зони (рис. 7). Всього виділяється

23 зони. Чіткість їх виділення різна, ширина – від 1 до 5-6 км, простежуються вони на відстань до 110 км. Зони знаходять відображення в ерозійних формах рельєфу, в магнітних та гравітаційних полях (через градієнти значень). Часто вони збігаються із закартованими розломами різних рівнів та їх зонами.

В межах безпосередньо Бовтиської структури переважно виділяються лінементні зони широтного, північ–північно-східного і північно-західного простягання. Достатньо чітка широтна зона перетинає всю структуру (включаючи кратер і корінний вал) і проходить через центральне підняття. Зона збігається з тектонічними порушеннями такого ж напрямку. Північна гілка зони північно-західного напрямку перетинає центральне підняття структури, продовжується до східного борту Бовтиської котловини і збігається з Чигиринським насувом. Північна гілка зони фіксується також за межами корінного валу Бовтиської структури. Південна гілка північно-західної зони простежується на південь від центрального підняття, перетинає кратер і корінний вал. Серед відомих у районі тектонічних

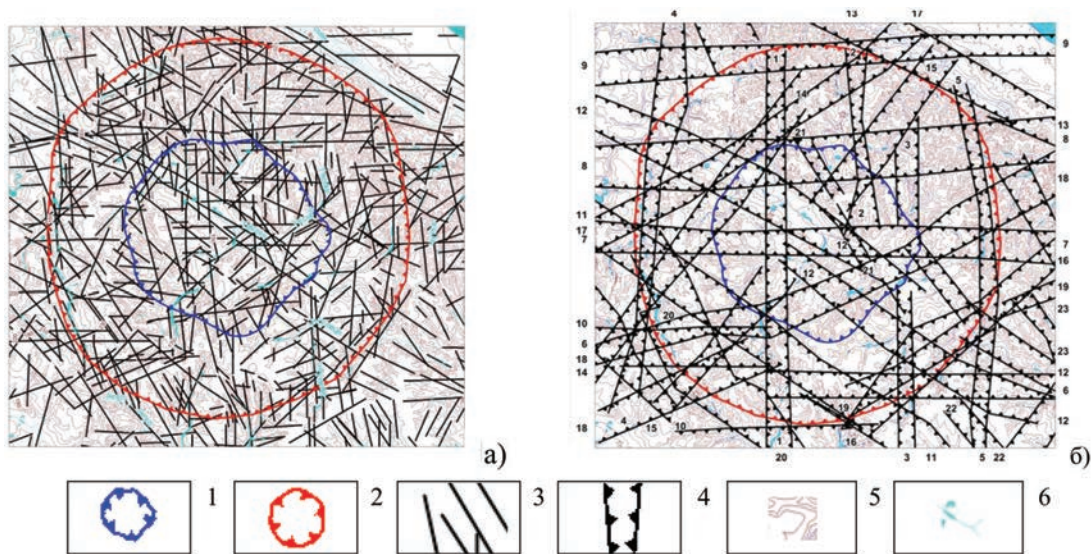


Рис. 7. Схема результатів дешифрування МКЗ території Бовтиської структури

1 – контур кратера Бовтиської структури; 2 – контур корінного валу (підтверджений даними дешифрування матеріалів космічних зйомок); 3 – лінементи; 4 – лінементні зони; 5 – ізогіпси; 6 – гідромережа; а) лінементи; б) лінементні зони

Fig. 7. Microlog device decryption results scheme of the territory of Bovytska structure

1 – contour of crater of Bovytska structure; 2 – contour of mainshaft (confirmed by satellite imagery deciphering materials); 3 – lineaments; 4 – lineament zones; 5 – contour lines; 6 – drainage system; а) lineaments; б) lineament zones

порушень за даними дешифрування матеріалів космічних зйомок найбільш впевнено фіксується Тимошівсько-Галещинський розлом. У той же час Кіровоградський розлом за цими ж даними простежується фрагментарно. Частково зони лінеamentів збігаються з Чигиринським насувом, Глодоським розломом, границями тектонічних блоків.

Підставою для виділення положення корінного валу є фрагменти кільцевої структури, діаметр якої перевищує 50 км. Звертає на себе увагу кільцева структура в

межах кратера між центральним підняттям і північною гілкою Чигиринського розлому (рис. 8). Діаметр кільцевої структури близько 10 км. Для її впевненої інтерпретації поки що недостатньо даних.

Результати лабораторно-аналітичних і камеральних робіт

Зведені результати математично-статистичної обробки даних польових робіт і лабораторно-аналітичних досліджень наведені в табл. 1.

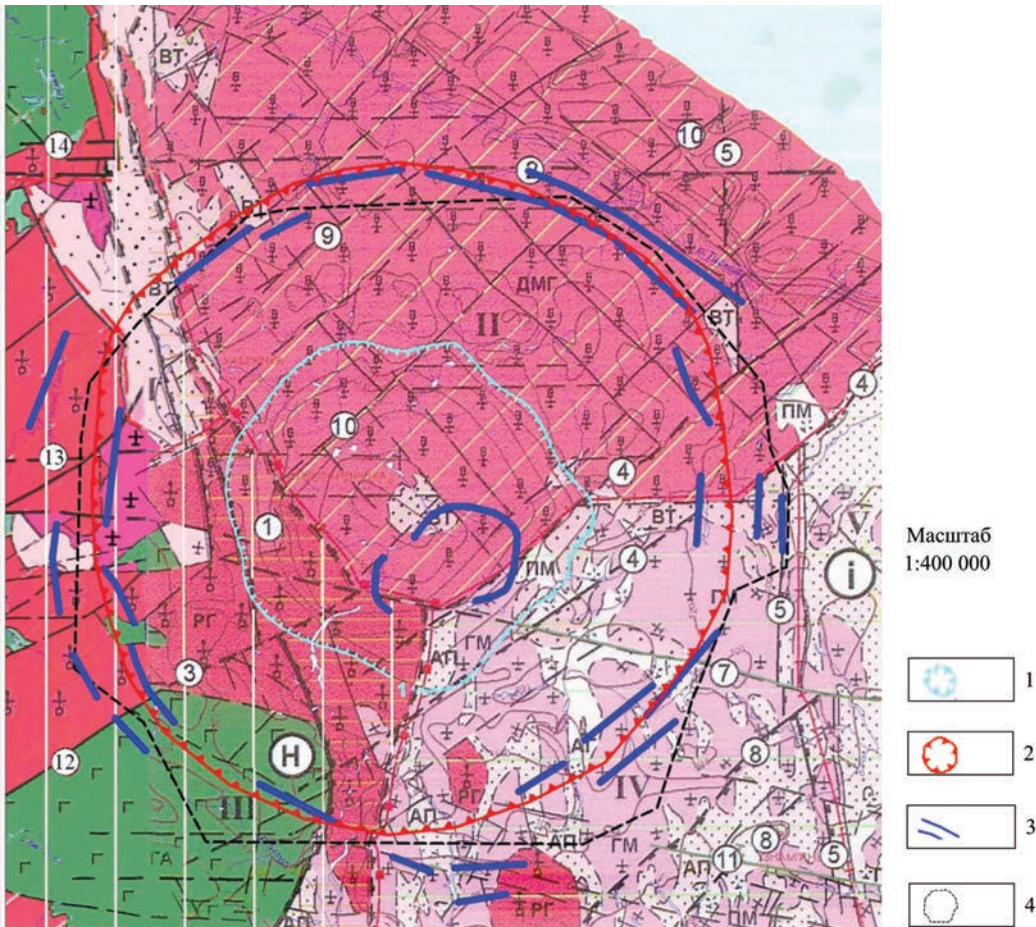


Рис. 8. Структурно-геологічне положення Бовтиської імпаکتної структури з урахуванням результатів дешифрування МКЗ (основа – фрагмент карти «Тектонічна схема кристалічного фундаменту», аркушу М-36-XXVII)

1 – контур кратера Бовтиської структури; 2 – контур корінного валу (підтверджений даними дешифрування матеріалів космічних зйомок); 3 – кільцеві структури; 4 – контур СТАГД. Інші умов. позначення див. на рис. 4

Fig. 8. Structural and geological position of Bovtyska impact structure based on the results of microlog device decryption (base – a fragment of map "Tectonic scheme of crystalline basement", sheet M-36-XXVII)

1 – contour of crater of Bovtyska structure; 2 – contour of main shaft (confirmed by satellite imagery deciphering materials); 3 – ring structures; 4 – STAGS contour. Other symbols see in Fig. 4

Таблиця 1. Зведені результати математично-статистичної обробки даних лабораторно-аналітичних досліджень СТАГД (площа досліджень – 1951 км², пунктів досліджень – 181)

Table 1. Summary of results of mathematical and statistical data processing of laboratory and analytical research STAGS. Area of studies – 1951 km², research points – 181

Визначені компоненти	Кількість проб (n)	Результати математично-статистичної обробки даних								
		Min	max	Cф	tS	D	S	Cма	Ca	C _{3S}
Температура, °C	181	15,7	30	22,72	0,39	6,87	2,62	24,03	26,65	30,58
Радон, Бк/дм ³	181	0	33,72	2,33	0,35	4,93	2,22	3,45	5,67	9
Торон, Бк/дм ³	181	0	72,04	26,63	1,88	158,67	12,6	32,93	45,52	64,42
Гелій (He) 10 ⁻³ , об.%	33	0,33	7,91	Всі показники аномальні						
Водень (H ₂) 10 ⁻³ , об.%	82	0,16	16,93	0,78	0,14	0,8	0,89	1,22	2,12	3,45
Вуглекислий газ (CO ₂), об.%	181	0	7,73	0,22	0,02	0,02	0,14	0,29	0,43	0,64
Метан (CH ₄), 10 ⁻⁵ об.%	181	5,81	113,1	37,29	2,18	214,46	14,64	44,61	59,25	81,22
Етан (C ₂ H ₆), 10 ⁻⁶ об.%	179*	0,81	57,11	7,9	0,65	17,74	4,21	10,01	14,22	20,54
Етилен (C ₂ H ₄), 10 ⁻⁶ об.%	180**	0,73	516,2	46,59	5,33	1184,54	34,42	63,79	98,21	149,84
Пропан (C ₃ H ₈), 10 ⁻⁶ об.%	180***	0,18	37,0	5,52	0,59	14,95	3,87	7,46	11,32	17,12
Ізобутан (iC ₄ H ₁₀), 10 ⁻⁶ об.%	181	0,1	200,3	23	3,33	481,34	21,94	33,97	55,91	88,82
Бутан (nC ₄ H ₁₀), 10 ⁻⁶ об.%	181	0,46	430,7	47,41	5,69	1373,95	37,07	65,94	103,01	158,61
Пропілен (C ₃ H ₆), 10 ⁻⁶ об.%	180	0,39	248,5	23,97	2,51	263,71	16,24	32,09	48,33	72,69
Ізопентан (iC ₅ H ₁₂), 10 ⁻⁶ об.%	181	3,5	1345	151,5	16,01	10441,7	102,18	202,6	304,78	458,06
Пентан (nC ₅ H ₁₂), 10 ⁻⁶ об.%	181	2,7	794,8	94,78	9,57	3735,65	61,12	1125,34	217,02	217,14
Гексан (nC ₆ H ₁₄), 10 ⁻⁶ об.%	181	1,24	538,2	65,34	6,29	1613,23	40,17	85,43	145,67	185,84

Примітки до таблиці 1:

- гексан та неопентан на ділянці робіт у пробах не виявлено;
- *етан не визначено у трьох пробах (пік поглинено піком метану);
- **етилен і пропан не визначено в одній пробі (пік поглинено піком метану);
- ***пропан не визначено в одній пробі (пік поглинено високою концентрацією метану).

У випадках, коли пік газу поглинається іншим газом, при обрахунку статистичних показників для цього газу кількість проб зменшувалась.

Для випадків, де концентрація показника менше чутливості приладу, за мінімально визначеного значення.

n – кількість проб, в яких визначено компонент (вище чутливості приладу);

min – мінімально визначене значення показника;

max – максимально визначене значення показника;

\bar{x} – середнє арифметичне значення; N – кількість проб, в яких показник не перевищує C_{3S};

$$D - \text{дисперсія } D = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(N - 1)}; \quad S - \text{стандартне відхилення } S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}};$$

$$tS - \text{точність визначення середнього } tS = \frac{1,96 * S}{\sqrt{N}};$$

x – індивідуальне значення показника кожної сукупності.

Cф = \bar{x} – фон;

Cма – нижній рівень мінімально-аномальних значень (вище фонових):

Cма ≥ Cф + 1/2S;

Ca – нижній рівень границі аномальних значень, Ca ≥ Cф + 1,5S;

C_{3S} – рівень аномальних значень, що дорівнюють або перевищують C_{3S} ≥ Cф + 3S.

Визначення в вибірці Cф, D, S, tS, Cма, Ca, C_{3S} виконувалось після вилучення з неї проб, в яких значення перевищують Cф + 3S.

Аномалії підвищених значень термометричного показника (рис. 9) мають площову ізометричну форму і на території досліджень розташовані нерівномірно. Ланцюгом підвищених значень відмічається зона північно-східного простягання, яка простежується

вздовж східного краю Бовтиської структури і збігається з Чигиринським насувом, а також перетину Чигиринського і Цибулівського насувів; при цьому температурна аномалія змінює напрямок розповсюдження, ускладнюється. Температурна аномалія зі східного

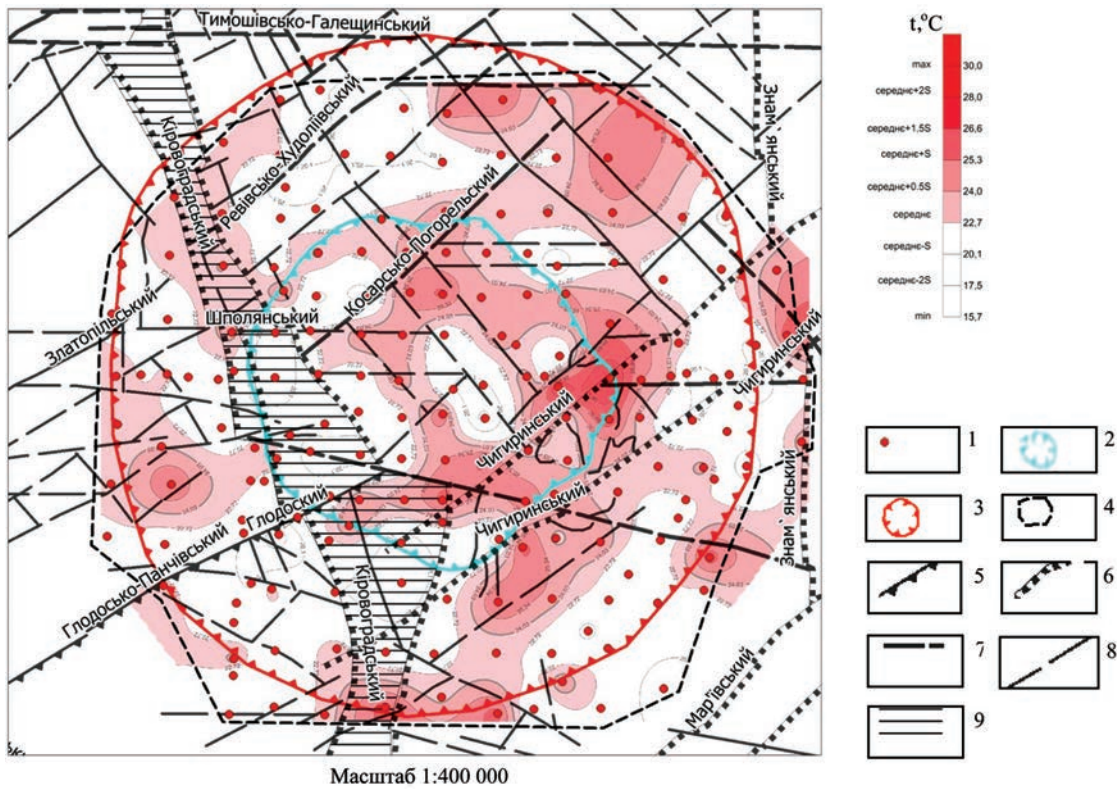


Рис. 9. Схема просторового розподілу температурних показників підґрунтового шару порід, м-б 1:400 000
 1 – пункти спостереження СТАГД; 2 – контур Бовтиської імпактної структури з «Тектонічна схема кристалічного фундаменту», аркушу М-36-XXVII; м-б 1:500 000, 2004 р.; 3 – контур корінного валу (підтверджений даними дешифрування матеріалів космічних зйомок); 4 – контур ділянки робіт СТАГД; розломи: 5 – підкиди, 6 – скиди, 7 – головні, 8 – другорядні; 9 – зона Кіровоградського глибинного розлому

Fig. 9. The scheme of the spatial distribution of temperature indicators of rock subsoil layer, scale 1: 400 000
 1 – STAGS observation points; 2 – contour of Bovtyska impact structure of "Tectonic scheme of crystalline basement", sheet M-36-XXVII, scale 1: 500 000, 2004; 3 – contour of main shaft (confirmed by satellite imagery deciphering materials); 4 – contour of STAGS work site; faults: 5 – upthrow faults, 6 – throw faults, 7 – major, 8 – minor; 9 – Kirovograd deep fault zone

краю кільцевої структури простежується у північно-західному напрямку до центральної частини структури і фіксується в центральній частині Бовтиської западини, де збігається з системою другорядних порушень. Кіровоградський глибинний розлом у розподілі температурного показника не визначається. Контур Бовтиської кільцевої структури (кратера) відображається в температурному полі підвищеними значеннями температурного показника в його північній, північно-східній і східній частинах. Західна і південно-західна частини структури не фіксуються.

Між температурними аномаліями, які спостерігаються навколо кратера і корінного валу, фіксується кільце низьких і фонових значень показників температури. Інші

температурні аномалії припадають на периферію ділянки досліджень і збігаються з корінним валом структури.

Результати газогеохімічних досліджень за радоном, тороном, вуглекислим газом, гелієм і воднем дозволяють підкреслити існуючі структурно-тектонічні будови або внести їх план уточнення. В окремих випадках такі результати розглядаються як підстава для виділення тектонічних порушень, що за попередніми роботами не були зареєстровані.

Радон/торонове співвідношення (Rn/Tn) – структурний показник (рис. 10), дозволяє визначити ділянки, де концентрація радону перевищує концентрації торону, що, можливо, збігається із зонами найбільшої геодинамічної напруги. В розподілі

можна відмітити дві особливості: більшість показників виділяються в західній частині структури, в межах крайової частини кратера і корінного валу; в східній частині структурні показники розломних зон підвищеної проникності знаходяться поблизу внутрішньої частини корінного валу. Варто зазначити таке: Кіровоградський і Чигиринський

розломи фіксуються аномальними полями радону, торону і радон/торонового співвідношення тільки в тій частині, де вони перетинають західну і східну частини кратера Бовтиської імпаکتної структури.

Вперше на ділянці досліджень виявлені аномальні значення вмісту гелію у підґрунтовому повітрі (рис. 11).

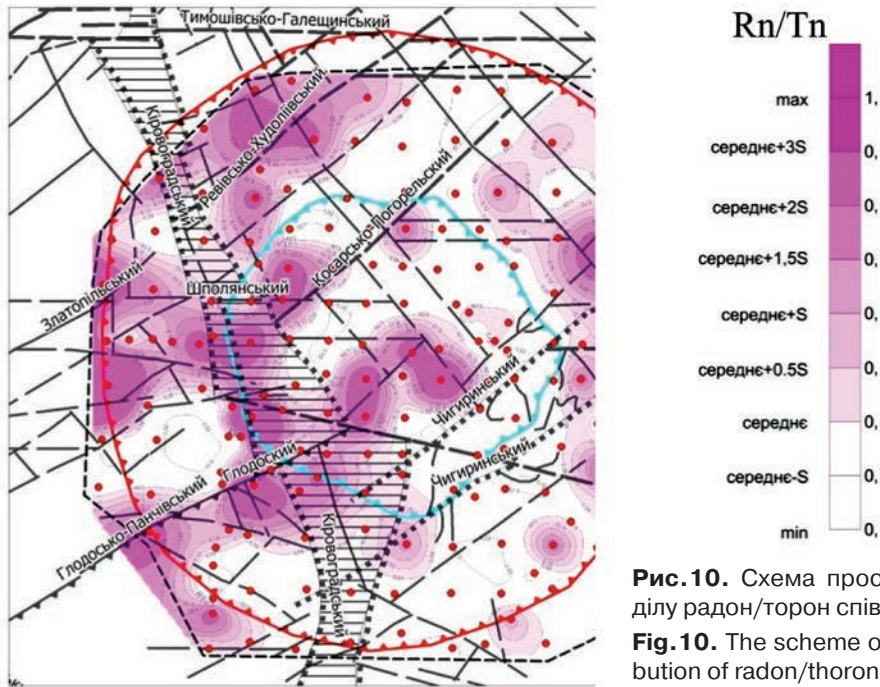


Рис. 10. Схема просторового розподілу радон/торон співвідношення

Fig. 10. The scheme of the spatial distribution of radon/thoron ratio

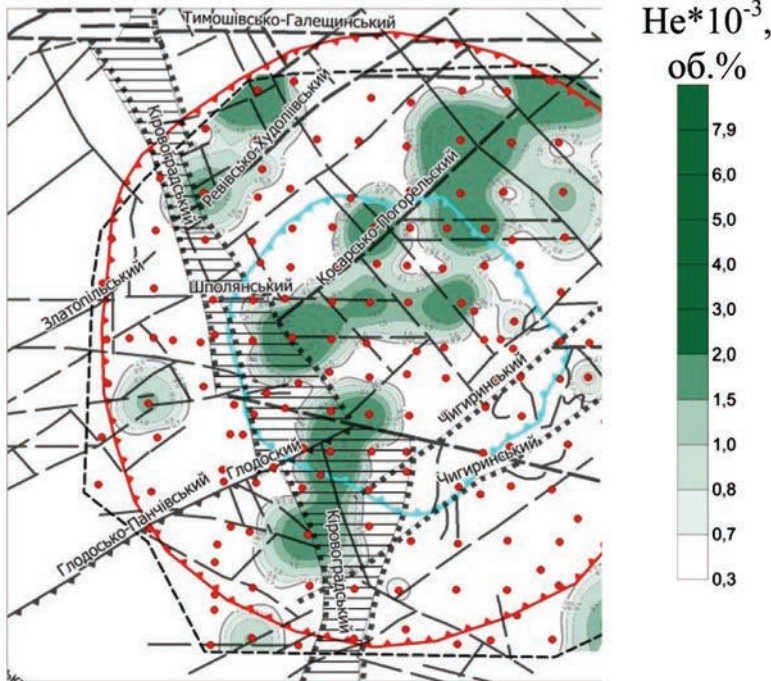


Рис. 11. Схема просторового розподілу у підґрунтовому повітрі вмісту гелію

Fig. 11. Scheme of spatial distribution of helium content in the subsurface air

Гелій (He) визначено у 33 пунктах спостереження (рис. 11). Пункти спостереження, в яких визначено гелій, утворюють зону загального північно-східного простягання, що перетинає Бовтиську структуру в її центральній частині. Більшість аномалій збігаються з перетинами тектонічних порушень, зокрема Кіровоградського розлому. В південно-західній частині структури аномальна зона має більш виражене північно-східне простягання і пов'язана з перетином Кіровоградського глибинного розлому Чигиринським насувом, Глодоським підкидом і Цибулівським порушенням. На північ від південної аномалії, в межах кратера, спостерігається аномалія широтного напрямку, яка починається від східного краю Кіровоградського глибинного розлому в місці перетину його Косарсько-Погорельським розломом, а далі простежується вздовж Шполянського порушення і на його продовженні. Ще одна площева аномалія гелію фіксується на півночі і виникає в місці перетину Кіровоградського глибинного розлому і Ревівсько-Худоліївського порушення. Окремі пункти спостереження, в яких встановлено

вміст гелію, знаходяться за межами кратера і Кіровоградського глибинного розлому. Здебільшого вони розташовані поблизу тектонічних порушень.

Зона аномальних значень гелію збігається з розломом, що виділявся ще при проведенні пошуково-розвідувальних робіт на горючі сланці (В.К. Грабовський, 1967 р.). За результатами геологорозвідувальних робіт цей розлом не знаходить підтвердження.

Присутність аномальних значень гелію може свідчити про участь структур кристалічного фундаменту у формуванні вуглеводневих накопичень.

Газогеохімічні дослідження за вільними ВВ. У межах ділянки досліджень виконано визначення вмісту ВВ у підґрунтовому повітрі: метану (CH_4), етану (C_2H_6), пропану (C_3H_8), ізобутану (iC_4H_{10}), бутану (nC_4H_{10}), ізопентану (iC_5H_{12}), пентану (C_5H_{12}), гексану (C_6H_{14}), ненасичених ВВ, етилену (C_2H_4), пропілену (C_3H_6).

Метан (CH_4). За розподілом показника вмісту метану (рис. 12) фіксуються дві кільцеві аномалії.

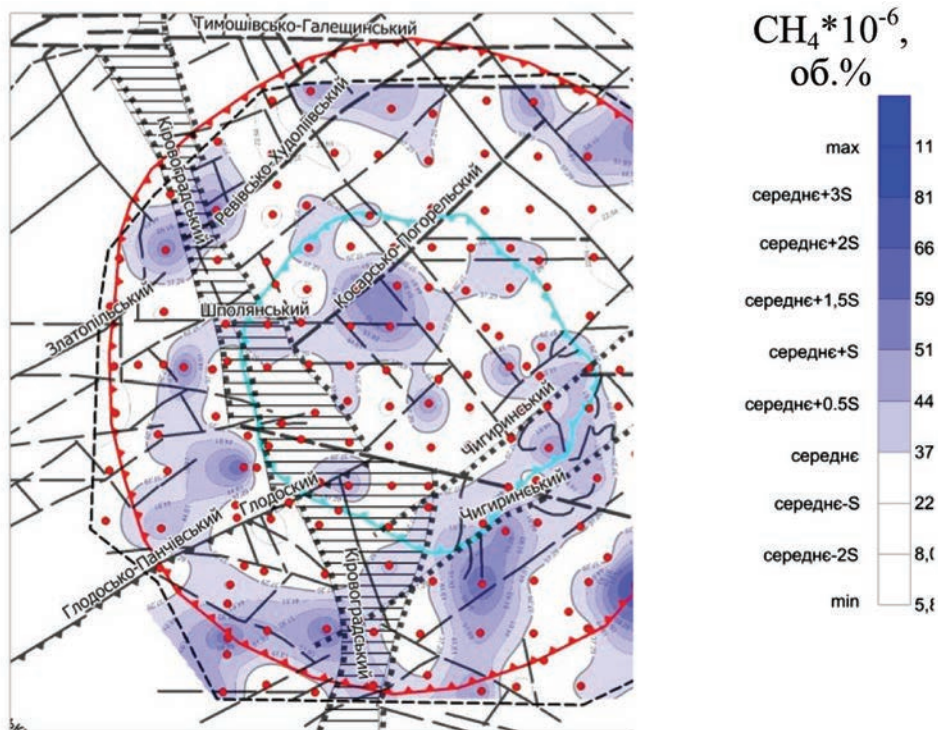


Рис. 12. Схема просторового розподілу у підґрунтовому повітрі вмісту метану

Fig. 12. Scheme of spatial distribution of methane content in the subsoil air

Перша – зовнішня, вона спостерігається по зовнішньому контуру ділянки робіт у вигляді площових аномалій, розташування яких збігається з фрагментами кільцевої структури, виділеною за результатами дистанційних досліджень (з корінним валом). У східній частині структури такий характер розподілу аномалій більш чіткий.

Друга аномалія розташована по краю південної частини кратера структури. На півдні аномалія метану має північно-східне простягання і збігається за напрямком і положенням з Чигиринським скидом. На півночі аномалія метану знаходиться в межах кратера і має підвищені значення вздовж Шполянського і Косарсько-Погорельського розломів. Форма цієї аномалії ускладнюється при перетині тектонічними порушеннями. На заході аномалії метану розташовані за межами Кіровоградського глибинного розлому і збігаються з аномалією водню.

Ці дві аномалії відокремлені одна від одної фоновими показниками метану.

Збіг розподілів аномальних полів вуглеводневих газів вказує на їх єдиний генезис і особливості надходження у підґрунті повітря по геодинамічних зонах, інверсійно-водозбагачених вуглеводневими компонентами.

За результатами картування розподілу атмогеохімічних показників вуглеводневих газів побудована карта розподілу показника вмісту суми ВВ у підґрунтовому повітрі (рис. 13). Показник складається як сума вуглеводневих газів від етану (C_2) до гексану (C_6), метан у показник суми ВВ не враховується. Ця карта дозволяє визначити слабопроникні місця для вуглеводневих газів C_2 - C_6 , ділянки, де концентрація похідних метану найвища. За аналізом карти суми ВВ з'ясовано, що на північ і північний схід від кратера Бовтиської структури сума C_2 - C_6 менша за середню по площі дослідження. Цей висновок стосується також і центральної частини Бовтиської структури. Аномально проникні зони спостерігаються вздовж Чигиринського порушення, західного краю Кіровоградського глибинного розлому, а також у межах Шполянського і Косарсько-Погорельського порушень, які знаходяться на території Бовтиської структури. Кратер Бавтиської структури фіксується по периметру вуглеводневими газами (від етану і вище) фрагментарно.

Різні гази по-різному дифундують до денної поверхні. На їх розподіл впливає як дифузійні властивості газів, так і фільтраційні особливості порід.

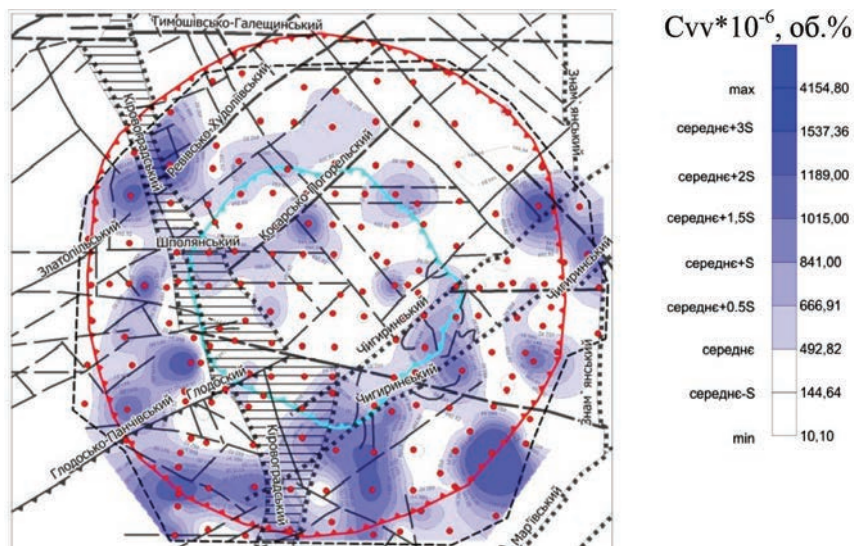


Рис. 13. Схема просторового розподілу суми ВВ (етан, етилен, пропан, пропілен, бутан, ізобутан, пентан, ізопентан, гексан)

Fig. 13. The scheme of the spatial distribution of the amount of hydrocarbons (ethane, ethylene, propane, propylene, butane, isobutane, pentane, isopentane, hexane)

Більшість вуглеводневих показників СТАГД зосереджено вздовж зовнішньої частини кільцевої структури, виділеної за результатами дистанційних досліджень (корінного валу), і зовнішнього контуру кратера Бовтиської структури, визначеного за результатами геологічних досліджень.

Тектонічні порушення, встановлені під час геологознімальних і геологорозвідувальних робіт за результатами досліджень СТАГД, проявляються по-різному:

1. Чигиринський скид – порушення, на південь від якого відбувається розвантаження як легких, так і важких вуглеводневих газів. Порушення флюїдопроникне в межах Бовтиської структури і поблизу перетину Чигиринського і Знам'янського скидів. Від центральної частини Бовтиської структури до місця перетину Чигиринського і Знам'янського скидів Чигиринське порушення флюїдонепроникне. Загалом, аномальні показники вмісту метану та його похідних визначені в одних і тих же пунктах спостереження, але в деяких пунктах фіксуються аномальні значення метану при низьких значеннях бутанів, гексанів і, навпаки, при підвищенні важких ВВ зменшуються концентрації метану. В деяких випадках це залежить від відстані до порушення.

2. Кіровоградський глибинний розлом:

А. У межах перетину кратера Бовтиської структури і Кіровоградського глибинного розлому вуглеводневі гази не фіксуються. Винятком є та частина порушення, де є перетин розломами іншого порядку – Глодоським підкидом, Чигиринським скидом, Цибулівським порушенням. У цій частині фіксуються аномальні значення гелію, метану, етану, пропану при відсутності бутанів, пентанів, гексану.

Б. Аномальні значення усіх вуглеводневих газів від метану до гексану спостерігаються на захід від західного краю розлому (прирозломної зони, де всі аномальні значення вуглеводневих газів визначені в одних і тих же пунктах спостережень).

В. За всіма вуглеводневими показниками, воднем, гелієм фіксується перетин Кіровоградського глибинного розлому з Ренівсько-Худоліївським порушенням.

3. Підвищеною флюїдопроникністю характеризуються Шполянське і Косарсько-

Погорельське порушення, які знаходяться в північній частині Бовтиської структури. Підвищені значення вуглеводневих газів вздовж порушень спостерігаються майже за всіма вуглеводневими газами і гелієм. Але є деякі особливості в розподілі показників. За метаном, пропаном, етиленом чітко фіксується широтне Шполянське порушення з ускладненням аномалії при перетині Косарсько-Погорельським порушенням, у той час як за бутанами, гексанами, ненасиченими ВВ більш чітко проявляється північно-східне порушення – Косарсько-Погорельське. Гелій добре фіксує обидва ці порушення. Порушення не визначені за розподілом водню й етану. Також ці порушення за вуглеводневими показниками визначаються тільки в межах кратера Бовтиської структури, а за його межами вздовж Косарсько-Погорельського порушення простежуються тільки аномальні показники гелію.

4. За розподілом показників вмісту водню, етану і метану фіксується зона північно-західного простягання, яка перетинає кратер Бовтиської структури від Ранівсько-Худоліївського порушення до фрагменту кільцевої структури, визначеної за результатами дистанційних досліджень в центрі Бовтиської структури.

5. Північна і північно-східна частини ділянки досліджень за межами кратера Бовтиської структури за аномаліями показників водню, метану, етану, пропану, етилену, пропілену флюїдопроникна, а за показниками бутанів, пентанів і гексану – непроникна.

6. Вздовж північної частини кратера Бовтиської структури визначені підвищені значення вуглеводневих газів від бутанів і вище. Водень, метан, етан, пропан, етилен, пропілен вздовж північного краю кратера відсутні.

Кореляційний аналіз

Після проведення детального аналізу комплексу температурних і атмогеохімічних показників СТАГД було виконано кореляційний аналіз і розраховано коефіцієнт парної кореляції для визначення взаємозв'язку між показниками (за допомогою програми Excel, модуля «Аналіз даних» функції «Кореляція») (табл. 2).

Таблиця 2. Результати кореляційного аналізу даних СТАГД
Table 2. Results of correlation analysis of STAGS data

	T, °C	QRn	QTn	He E-3	H ₂ E-3	CO ₂	CH ₄ E-5	C ₂ H ₆ E-6	C ₂ H ₄ E-6	C ₃ H ₈ E-6	iC ₄ H ₁₀ E-6	nC ₄ H ₁₀ E-6	C ₃ H ₆ E-6	iC ₃ H ₁₂ E-6	nC ₃ H ₁₂ E-6	nC ₆ H ₁₄ E-6
T, °C	1,00															
QRn	-0,23	1,00														
QTn	-0,06	0,47	1,00													
He E-3	0,009	-0,061	-0,027	1,000												
H ₂ E-3	-0,026	-0,121	-0,021	-0,067	1,000											
CO ₂	-0,101	0,610	0,230	-0,031	-0,063	1,000										
CH ₄ E-5	0,203	-0,199	-0,097	-0,109	0,553	0,221	1,000									
C ₂ H ₆ E-6	0,148	-0,183	-0,125	-0,010	0,614	-0,037	0,704	1,000								
C ₂ H ₄ E-6	0,095	-0,200	0,048	-0,113	0,546	-0,088	0,735	0,581	1,000							
C ₃ H ₈ E-6	0,120	-0,198	-0,022	-0,078	0,654	-0,054	0,814	0,871	0,849	1,000						
iC ₄ H ₁₀ E-6	0,077	-0,216	0,075	-0,132	0,465	-0,087	0,720	0,447	0,910	0,784	1,000					
nC ₄ H ₁₀ E-6	0,089	-0,214	0,040	-0,124	0,489	-0,096	0,738	0,501	0,960	0,821	0,945	1,000				
C ₃ H ₆ E-6	0,105	-0,204	0,018	-0,093	0,568	-0,086	0,736	0,642	0,986	0,876	0,872	0,938	1,000			
iC ₃ H ₁₂ E-6	0,088	-0,207	0,039	-0,128	0,481	-0,094	0,719	0,484	0,962	0,807	0,934	0,994	0,936	1,000		
nC ₃ H ₁₂ E-6	0,092	-0,202	0,042	-0,136	0,476	-0,094	0,713	0,480	0,955	0,802	0,927	0,990	0,930	0,997	1,000	
nC ₆ H ₁₄ E-6	0,106	-0,212	0,017	-0,117	0,473	-0,098	0,712	0,490	0,957	0,806	0,925	0,984	0,935	0,990	0,989	1,000

Коефіцієнт парної кореляція в залежності від рівня значущості для 181 проби становить:

слабка кореляція ($\alpha=0,5$)

середня кореляція ($\alpha=0,01$)

сильна кореляція ($\alpha=0,001$)

0,15 < K < 0,19
0,19 < K < 0,24
K > 0,24

Значущість коефіцієнта кореляції залежить від кількості відібраних і проаналізованих проб (N) та рівня значущості (α), який обирає дослідник. Так, при $N = 181$ (кількість пунктів спостережень і відібраних проб на ділянці СТАГД) та $\alpha = 0,001$ зв'язок є значущим, якщо $0,24 \leq |K_i|$, середнім – $0,19 \leq |K_i| < 0,24$, слабким – $0,15 \leq |K_i| < 0,19$. Знак коефіцієнта парної кореляції (K_i) вказує на позитивний чи від'ємний взаємозв'язок між показниками. У випадку позитивного – при збільшенні одного показника зростає і другий, у разі від'ємного – при зростанні одного показника інший зменшується.

Виходячи з розрахованих коефіцієнтів парної кореляції (табл. 2), встановлено, що взаємозв'язок між радоном і тороном ($K_{Rn-Tn} = 0,47$), радоном і вуглекислим газом ($K_{Rn-CO_2} = 0,61$) значущий, а між тороном і вуглекислим газом ($K_{Tn-CO_2} = 0,23$) – середній. Радон має слабкий і середній від'ємний кореляційний зв'язок з усіма вуглеводневими газами. За допомогою радону, торону і вуглекислого газу найбільш впевнено фіксуються геодинамічно активні зони. Слабкий коефіцієнт кореляції між радоном і тороном виникає, коли торон облямовує радонові аномалії, в умовах похилих порушень. Торон не корелює з жодним з вуглеводневих газів, що свідчить про відсутність зв'язку між ними.

Вуглекислий газ середньопозитивно корелює з метаном, що вказує на процеси сучасного окиснення вуглеводневих газів.

Гелій не корелює з жодним з газів. Це говорить про його окреме походження, не пов'язане з шляхами міграції вуглеводневих газів.

Водень значущо корелює з усіма вуглеводневими газами, що свідчить про його зв'язок з шляхами їх міграції, але з ростом складності молекул коефіцієнт парної кореляції зменшується від етану (0,61) до пентану (0,47). З метаном коефіцієнт парної кореляції водню дорівнює 0,55.

Метан значущо корелює з усіма вуглеводневими газами.

Водень, вуглеводневі гази, метан значущо позитивно корелюють між собою. Це вказує на їх спільний генезис і надходження у підґрунтового повітря. Від'ємна середня кореляція з радоном свідчить, що при збіль-

шенні концентрації радону в підґрунтовому повітрі зменшується концентрація вуглеводневих газів і навпаки. Як висновок, підвищені значення вуглеводневих газів пов'язані із зонами розущільнення, тріщинуватості, а не із зонами стиснення, і фіксуються здебільшого поза межами зон геотектонічної активності (підвищені значення радону).

Висновки і рекомендації

За результатами досліджень СТАГД будова Бовтиської структури більш складна, ніж запропонована геологічними дослідженнями.

1. За результатами дистанційних досліджень (дешифрування космічних знімків та комплексної інтерпретації одержаних результатів) визначено складну будову ділянки досліджень і Бовтиської імпактної структури. Виділено різноспрямовані 23 лінеаментні зони, які об'єднуються у три динамопари і два фрагменти кільцевих структур (внутрішня і зовнішня). Велика кількість лінеаментних зон свідчить про значну сучасну неотектонічну активність, що розвинута на цій території. Зони лінеаментів найчастіше збігаються з фрагментами регіональних тектонічних порушень, визначеними при складанні «Геофізичної основи тектонічної карти України» (2002 р.).

Фрагменти кільцевих структур, виявлених за результатами дистанційних досліджень, не збігаються з межею Бовтиської імпактної структури за сучасними уявленнями. Менша за розмірами (внутрішня) кільцева структура, яка знаходиться в центрі Бовтиської структури, облямовується вуглеводневими газами і безперечно має право на існування як флюїдонепроникна. Друга кільцева структура (зовнішня) значно перевищує за розмірами Бовтиську западину і знаходить відображення в полях розподілу показників СТАГД. Вздовж її внутрішнього краю розповсюджені аномалії еманційних газів, а вздовж зовнішнього – вуглеводневих. Можливо, це прояв корінного валу, який виник внаслідок удару метеориту.

За розподілом вуглеводневих газів і еманційних показників між зовнішнім краєм корінного валу і краєм Бовтиської імпактної структури (за геологічними даними) виділяється флюїдонепроникна і геодинамічно пасивна зона на південному сході, сході і північному сході від імпактної структури.

2. За розподілом температурних і еманційних показників Бовтиська структура не відображається як єдине впливове утворення. Фіксуються тільки окремі елементи її геологічної будови і визначається вплив тектонічних порушень на перерозподіл показників СТАГД. Найбільш характерними є Кіровоградський глибинний розлом та Чигиринський насув, з якими пов'язані інтенсивні аномалії радону, торону, вуглекислого газу. Аномалії цих газів ускладнюються у вузлах перетину цього розлому іншими порушеннями. Звертає увагу розповсюдження цих газів вздовж корінного валу.

3. Газові показники – гелій, водень, вуглеводневі гази, мають фільтраційно-інверсійне походження і по-різному дифундують до денної поверхні. На їх розподіл впливають як дифузійні властивості газів, так і фільтраційні особливості порід. Водень і гелій розглядаються як гази глибинного походження, що пов'язані з вуглеводневими газами, а вуглеводневі гази – із зонами їх накопичення.

За розподілом більшість вуглеводневих показників СТАГД зосереджено вздовж корінного валу (зовнішньої кільцевої структури) Бовтиської структури і зовнішнього контуру кратера, визначеного за результатами геологічних досліджень. При цьому північна і північно-східна частини ділянки досліджень за межами кратера за розподілом вуглеводневих газів проявляються по-різному. Тут зосереджені аномалії водню, метану, етану, пропану, етилену, пропілену, а показники бутанів, гексанів і пентану характеризуються фоновими значеннями.

Вздовж північної частини кратера Бовтиської структури визначені підвищені значення важких ВВ – від бутанів і вище. Водень, метан, етан, пропан, етилен, пропілен вздовж північного краю кратера структури відсутні, але ці гази фіксуються підвищеними значеннями з внутрішньої частини кратера.

4. Порушення, визначені під час геологічних робіт, за результатами досліджень СТАГД проявляються по-різному:

Кіровоградський глибинний розлом:

А. В межах південно-західного краю Бовтиської структури розлом майже флюїдонепроникний для вуглеводневих газів, але в цій частині аномальними значеннями гелію фіксується перетин Кіровоградського

глибинного розлому Глодоським підкидом, Чигиринським скидом, Цибулівським порушенням.

Б. Аномальні значення усіх вуглеводневих газів – від метану до гексану спостерігаються на захід від західного краю зони розлому, де всі вони фіксуються в одних і тих же пунктах спостереження.

В. За всіма вуглеводневими показниками, воднем і гелієм відмічається перетин Кіровоградського глибинного розлому з Ренівсько-Худоліївським порушенням.

Чигиринський скид – порушення, на південь від якого відбувається розвантаження як легких, так і важких вуглеводневих газів. Він флюїдопроникний в межах кратера і поблизу перетину Чигиринського і Знам'янського скидів. Від кратера до місця перетину Чигиринського і Знам'янського скидів Чигиринське порушення флюїдонепроникне. Загалом, аномальні показники метану та його похідних спостерігаються в одних і тих же пунктах спостереження, але в деяких пунктах фіксуються аномальні значення метану при низьких значеннях бутанів, гексанів, і, навпаки, при підвищенні концентрації важких ВВ у пробі зменшується концентрація метану. В деяких випадках це залежить від відстані до порушення.

Ренівсько-Худоліївське порушення – місце перетину цього порушення з Кіровоградським глибинним розломом, фіксується за усіма вуглеводневими показниками і воднем, але продовження його у північно-східному напрямку – тільки за радоном, тороном, метаном, гелієм, воднем. Важкі ВВ вздовж порушення не встановлені.

Підвищеною флюїдопроникністю характеризуються Шполянське і Косарсько-Погорельське порушення, які знаходяться в північній частині кратера Бовтиської структури. Підвищені значення вздовж порушень спостерігаються майже по всіх вуглеводневих газах і гелію. Але є деякі особливості в розподілі показників. За метаном, пропаном, етиленом чітко фіксується широтне Шполянське порушення, з ускладненням аномалії при перетині Косарсько-Погорельським порушенням, в той час як за бутанами, гексанами, ненасиченими ВВ більш чітко спостерігається північно-східне порушення – Косарсько-Погорельське. Гелій добре фіксує

обидва ці порушення. Необхідно відмітити, що ці порушення не спостерігаються за розподілом водню й етану. Вони фіксуються за вуглеводневими показниками тільки в межах кратера. За його межами, вздовж Косарсько-Погорельського порушення простежуються тільки аномальні показники гелію.

Глodosький насув – фіксується за еманційними показниками, вздовж нього спостерігаються аномальні значення радону, підвищені значення торону і вуглекислого газу.

Таким чином, на розподіл газових показників безперечно впливають тектонічні порушення, які ускладнюють розподіл газових аномалій і зумовлюють лінійно-втягнуту форму вздовж порушень.

5. За розподілом водню, етану та ускладненням аномалії метану фіксується зона північно-західного простягання, яка перетинає кратер Бовтиської структури від Ранівсько-Худоліївського порушення до фрагменту кільцевої структури, визначеного за результатами дистанційних досліджень в центрі Бовтиської западини.

6. Виходячи з результатів дистанційних досліджень, еманційних, температурних і

газових зйомок, можна виділити місцеположення передбачуваного корінного валу Бовтиської імпактної структури, який підкреслюється кільцевою структурою, визначеною за результатами дистанційних досліджень. З цією структурою пов'язані як атмогеохімічні, так і еманційні аномалії. Газові аномалії, що розташовані вздовж цієї кільцевої структури, можуть свідчити про розвиток тріщинуватих зон, по яких надходять вуглеводневі гази. Між кратером і корінним валом (кільцевою структурою) визначається зона, в якій фіксуються аномальні еманційні показники, при відсутності вуглеводневих газів. Можливо, це зона стиснення. По краю кратера знову фіксується вуглеводнева аномалія.

В цілому, результати досліджень дозволяють надати попередній прогноз щодо ділянок, перспективних на виявлення вуглеводневих покладів, зокрема за особливостями розподілу аномальних показників вмісту гелію та вуглеводневих газів у підґрунтовому повітрі. Для більш надійного обґрунтування таких ділянок потрібно подальше впровадження комплексних пошукових технологій СТАГД, в тому числі профільних досліджень.

Список литературы / References

1. Басс Ю.Б., Галака А.И., Грабовский В.И. Болтышские горючие сланцы. *Разведка и охрана недр*. 1967. № 9. С. 11-15.

Bass Yu.B., Galaka A.I., Grabowsky V.I., 1967. Boltsh oil shale. *Razvedka i okhrana nedr*, № 9, p. 11-15 (in Russian).

2. Гожик П.Ф., Багрій І.Д., Гладун В.В., Гуров Є.П. Прогнозування нафтогазоносності Оболонської імпактної структури комплексом поверхневих методів. *Геол. журн.* 2010. № 3 (332). С. 7-16.

Gozhyk P.F., Bagriy I.D., Gladun V.V., Gurov E.P., 2010. Forecasting of oil and gas of Obolon impact structure by a complex surface methods. *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (332), p. 7-16 (in Ukrainian).

3. Багрій І.Д. Розробка геолого-структурно-термо-атмогеохімічної технології прогнозування пошуків корисних копалин та оцінки геоекологічного стану довкілля. Київ: Логос, 2013. 511 с.

Bagriy I.D., 2013. Development of geological-structural-thermal-atmogeochemical technology of research mineral resources forecasting and evaluation of geoeological environment. Kyiv: Logos, 511 p. (in Ukrainian).

4. Багрій І.Д. Обґрунтування нової пошукової технології та її адаптація на традиційних і нетрадиційних нафтогазоносних об'єктах імпактних структур України. *Геол. журн.* 2015. № 2 (351). С. 105-126.

Bagriy I.D., 2015. Justification of new search technology and its adaptation to conventional and unconventional oil and gas facilities impact structures of Ukraine. *Geologichnyy zhurnal*, № 2 (351), p. 105-126 (in Ukrainian).

5. Багрій І.Д., Гладун В.В., Довжок Т.Є та ін. Досвід прогнозування розломної зони високої проникності. *Нафтова і газова промисловість*. 2000. № 3, С. 3-7.

Bagriy I.D., Gladun V.V., Dovzhok T.Ye. et al., 2000. Predicting experience of high permeability fault zone. *Naftova i gazova promyslovist*, № 3, p. 3-7 (in Ukrainian).

6. Ваганов В.И., Иванкин П.Ф., Кропоткин П.Н. и др. Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ. Москва: Недра, 1985. 200 с.

Vaganov V.I., Ivankin P.F., Kropotkin P.N. et al., 1985. Explosive ring structures of shields and platforms. Moscow: Nedra, 200 p. (in Russian).

7. Вальтер А.А., Гуров Е.П., Гурова Е.П. и др. Болтышский кратер. В кн.: *Геология и петрология взрывных метеоритных кратеров*. Киев: Наук. думка, 1982. С. 161-193.

Walter A.A., Gurov E.P., Gurova E.P. et al., 1982. Boltysh crater. In: *Geology and petrology of explosive meteorite craters*. Kiev: Naukova Dumka, p. 161-193 (in Russian).

8. Вальтер А.А., Гуров Е.П., Рябенко В.А. Оболонский метеоритный кратер на северо-восточном склоне Украинского щита. *Докл. АН СССР*. 1977. Т. 232, № 1. С. 170-173.

Walter A.A., Gurov E.P., Ryabenko V.A., 1977. Obolon meteorite crater in the northeastern slope of the Ukrainian shield. *Doklady AN SSSR*, vol. 232, № 1, p. 170-173 (in Russian).

9. Вальтер А.А., Рябенко В.А. Взрывные кратеры Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1977. 156 с.

Walter A.A., Ryabenko V.A., 1977. Explosion craters of the Ukrainian Shield. Kiev: Naukova Dumka, 156 p. (in Russian).

10. Васильев И.В., Селин Ю.И. Новые данные о палеонтологической характеристике продуктивной толщи Болтышского месторождения горючих сланцев. *Докл. АН УССР. Сер. Б*. 1970. № 12. С. 1059-1061.

Vasilyev I.V., Selin Yu.I., 1970. New data on the paleontological characteristics of productive strata of Boltysh oil shale deposit. *Doklady AN USSR*. Ser. B, № 12, p. 1059-1061 (in Russian).

11. Голубев В.А., Карпов Г.М., Поповиченко В.А. Про метеоритно-вибухове походження Бовтиської западини на Кіровоградщині. *Доп. АН УРСР. Сер. Б*. 1974. № 1. С. 10-12.

Golubyev V.A., Karpov G.M., Popovichenko V.A., 1974. About meteorite explosive origin of Bovtysh depression in Kirovohrad region. *Dopovidi AN URSR*. Ser. B, № 1, p. 10-12 (in Ukrainian).

12. Гурский Д.С., Михайлов В.А., Чепиль П.М. и др. Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины. *Мінер. ресурси України*. 2010. № 3. С. 3-8.

Gursky D.S., Mikhailov V.A., Chepil P.M. et al., 2010. Shale gas and energy problems of Ukraine. *Mineralni resursy Ukrayiny*, № 3, p. 3-8 (in Russian).

13. Гуров Е.П., Гожик П.Ф. Импактное кратерообразование в истории Земли. Киев: НТП «Нафтогазпрогноз», 2006. 218 с.

Gurov E.P., Gozhik P.F., 2006. Impact cratering in the history of the Earth. Kiev: "Naftogazprognoz", 218 p. (in Russian).

14. Гуров Е.П., Гожик П.Ф. Импактные кратеры на рубеже мела и палеогена и их роль в развитии жизни на Земле. *Геолог України*. 2010. № 3. С. 10-23.

Gurov E.P., Gozhik P.F., 2010. Impact craters on the Cretaceous-Paleogene boundary, and their role in the development of life on Earth. *Geolog Ukrainy*, № 3, p. 10-13 (in Russian).

15. Гуров Е.П., Гурова Е.П. Геологическое строение и вещественный состав пород импактных структур. Киев: Наук. думка, 1991. 160 с.

Gurov E.P., Gurova E.P., 1991. Geologic structure and composition of the impact structure rocks. Kiev: Naukova Dumka, 160 p. (in Russian).

16. Гуров Е.П., Хмельницкий А.Ф. Распространение и сохранность выбросов из импактных структур на примере кратеров Болтышского и Экремен. *Астрон. вестн.* 1996. Т. 30, № 1. С. 19-24.

Gurov E.P., Khmelnytsky A.F., 1996. Dissemination and preservation of emissions from impact structures on the example of Boltysh and Ekremen craters. *Astronomicheskij vestnik*, vol. 30, № 1, p. 19-24 (in Russian).

17. Масайтис В.Л. Геологические последствия падений кратерообразующих метеоритов. Ленинград: Недра, 1973. 18 с.

Masaitis V.L., 1973. Geological consequences of meteorite falls. Leningrad: Nedra, 18 p. (in Russian).

18. Масайтис В.Л., Данилин А.Н., Мащак М.С. и др. Геология астроблем. Ленинград: Недра, 1980. 231 с.

Masaitis V.L., Danilin A.N., Mashchak M.S. et al. Geology of astroblems. Leningrad: Nedra, 1980. 231 p. (in Russian).

19. Масайтис В.Л. Основные черты геологии астроблем СССР. Метеоритные структуры на поверхности планет. Москва: Наука, 1979. С. 173-191.

Masaitis V.L., 1979. The main features of geology of astroblems of USSR. Meteorite structures on the surface of planets. Moscow: Nauka, p. 173-191 (in Russian).

20. Масайтис В.Л., Данилин А.Н., Райхлин А.И. Оболонская и Ротмистровская астроблемы в европейской части СССР. *Докл. АН СССР*. 1976. Т. 230, № 1. С. 174-177.

Masaitis V.L., Danilin A.N., Reichlin A.I., 1976. Obolon and Rotmistrovka astrobleme in the European part of the USSR. *Doklady AN SSSR*, vol. 230, № 1, p. 174-177 (in Russian).

21. Михайлов В.А., Загнітко В.М., Михайлова Л.С. Перспективи газоносності сланцевих відкладів Бовтиської западини. *Наук. пр. Ін-ту Тутковського*. 2011. Т. 35. С. 23-29.

Mikhailov V.A., Zahnitko V.M., Mikhailova L.S., 2011. Prospects for shale gas content in Boltysch crater deposits. *Naukovi pratsi Instytutu Tutkovskogo*, vol. 35, p. 23-29 (in Ukrainian).

22. Михайлов В.А., Зейкан О.Ю., Коваль А.М., Загнітко В.М. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. У 8 кн. Кн. 7. Метан вугільних родовищ, газогідрати, імпактні структури і накладені западини Українського щита. Київ: Ніка-Центр, 2013. 368 с.

Mikhailov V.A., Zeykan O.Yu., Koval A.M., Zahnitko V.M. et al., 2013. Alternative sources of hydrocarbons in Ukraine. In 8 volumes. Vol. 7. Coalbed methane, gas hydrates, impact structures and superimposed depressions of the Ukrainian shield. Kyiv: NikaTsentr, 368 p. (in Ukrainian).

23. Пояснювальна записка «Державна геологічна карта України. М-б 1:200 000. Серія центральноукраїнська. Аркуш М36ХХVII (Знам'янка)». Київ, 2004. 89 с.

The explanatory note "State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Series of the Central Ukraine. Sheet M36XXVII (Znamenka)". Kyiv, 2004. 89 p. (in Ukrainian).

24. Радзивилл А.Я., Довгаль Ю.М. Тектоническое положение Болтышской кальдеры в структуре Украинского щита. В кн.: *Эволюция вулканизма в истории Земли: (Материалы I Всесоюз. палеовулканолог. симпозиума)*. Москва, 1973. С. 218-220.

Radziwill A.Ya., Dovgal Yu.M., 1973. Tectonic setting of Boltysch caldera in the structure of the Ukrainian Shield. In: *The evolution of volcanism in the history of the Earth: (Materials of I AllUnion paleovolcanology symposium)*. Moscow, p. 218-220 (in Russian).

25. Радзивилл А.Я. Болтышская вулканоструктура (к проблеме фанерозойского вулканизма Украинского щита). *Тектоника и стратиграфия*. 1976. № 11. С. 3-8.

Radziwill A.Ya., 1976. Boltysch volcanostructure (to the problem of Phanerozoic volcanism of the Ukrainian shield). *Tektonika i stratigrafiya*, № 11, p. 3-8 (in Russian).

26. Рябенко В.А., Вальтер А.А., Гуров Е.П. и др. Геология и петрология взрывных метеоритных кратеров. Киев: Наук. думка, 1982. 228 с.

Ryabenko V.A., Walter A.A., Gurov E.P. et al., 1982. Geology and petrology of explosive meteorite craters. Kiev: Naukova Dumka, 228 p. (in Russian).

27. Gurov E.P., Kelley S.P., Koeberl C. Ejecta of the Boltysch impact crater in the Ukrainian Shield Impact Markers in the Stratigraphic Record / Eds. C. Koeberl, F.C. MartinezRuiz. Springer, 2003. P. 179-202.

Gurov E.P., Kelley S.P., Koeberl C., 2003. Ejecta of the Boltysch impact crater in the Ukrainian Shield Impact Markers in the Stratigraphic Record / Eds. C. Koeberl, F.C. MartinezRuiz. Springer, p. 179-202 (in English).

28. Gurov E.P., Kelley S.P., Koeberl C., Dykan N.I. Sediments and impact rocks filling the Boltysch impact crater // *Biological Processes Associated with Impact Events*. Berlin: Springer, 2006. P. 335-354.

Gurov E.P., Kelley S.P., Koeberl C., Dykan N.I., 2006. Sediments and impact rocks filling the Boltysch impact crater. In: *Biological Processes Associated with Impact Events*. Berlin: Springer, p. 335-354 (in English).

29. Holker Th., Deutsch A. Geochemistry of impact melt rocks from the Lappajarvi (Finland) and Bollysh (Ukraine) impact structures. Role Impact Process. Geol. and Biol. Evol. Planet Earth: Int. Workshop. Postojna. Sept. 27 - Oct. 2. Ljubljana, 1996. P. 33-34.

Holker Th., Deutsch A., 1996. Geochemistry of impact melt rocks from the Lappajarvi (Finland) and Bollysh (Ukraine) impact structures. Role Impact Process. Geol. and Biol. Evol. Planet Earth: Int. Workshop. Postojna. Sept. 27 - Oct. 2. Ljubljana, p. 33-34 (in English).

30. Kelley S.P., Gurov E.P. Boltysch and Cretaceous impact. *Meteoritics and Planetary Sciences*. 2002. Vol. 37. P. 1031-1044.

Kelley S.P., Gurov E.P., 2002. Boltysch and Cretaceous impact. *Meteoritics and Planetary Sciences*, vol. 37, p. 1031-1044 (in English).

31. Vaher A.A., Plotnikova L. Biostratigraphic Indications of the Age of the Boltysch Impact Crater. Ukraine. Impact Markers in the Stratigraphic Record. Impact Studies / Eds. C. Koeberl, F. Martinez Ruis. Heidelberg: Springer, 2003. P. 163-178.

Vaher A.A., Plotnikova L., 2003. Biostratigraphic Indications of the Age of the Boltysch Impact Crater. Ukraine. Impact Markers in the Stratigraphic Record. Impact Studies / Eds. C. Koeberl, F. Martinez Ruis. Heidelberg: Springer, p. 163-178 (in English).

Стаття надійшла
01.02.2016