

УДК 551.243:553.98.041(477.65+477.53)
DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.100.11>

І. Багрій, д-р геол. наук, проф.,
E-mail: bagrid@ukr.net,
Інститут геологічних наук НАН України,
вул. О. Гончара, 55-Б, м. Київ, 01054, Україна;
І. Гафич, канд. геол.-мінералог. наук, директор,
E-mail: gafichip@dtok.com,
ДТЕК Нафтогаз, вул. Сім'ї Хохлових, 9-Д, м. Київ, 04119, Україна;
С. Паюк, голова,
E-mail: golova@dkz.gov.ua,
Державна комісія України по запасах корисних копалин,
вул. Ген. Алмазова (Кутузова), 18/7, кімн. 816, м. Київ, 01133, Україна;
Є. Солодкий, канд. геол. наук, керівник департаменту,
E-mail: solodkiyev@dtok.com,
ДТЕК Нафтогаз, вул. Сім'ї Хохлових, 9-Д, м. Київ, 04119, Україна;
К. Ярошовець-Баранова, асп.,
E-mail: katerina.yaroshovetseo_33@ukr.net,
Інститут геологічних наук НАН України,
вул. О. Гончара, 55-Б, м. Київ, 01054, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ В АСТРОБЛЕМАХ УКРАЇНИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.А. Михайловим)

Проаналізовано результати комплексних досліджень будови та перспектив нафтогазоносності імпактних структур (астроBLEM) України на основі впровадження новітніх технологій та апаратурних комплексів. В основу роботи покладено фактичний матеріал багаторічних експедиційних досліджень, виконаних за методикою структурно-термо-атмо-гідролого-геохімічних досліджень (СТАГГД) імпактних структур. Технологію впроваджено при вирішенні практичних питань пошуків корисних копалин (вуглеводнів) та екологічних проблем у різних районах України (на суходолі та в акваторії морів).

Імпактні структури (астроBLEMи) потрібно розглядати як нетрадиційні джерела енергетичної сировини. Розвідка та експлуатація цих джерел дозволить у найближчий час виконати значне нарощування енергетичного потенціалу та, у свою чергу, зміцнити національну безпеку країни. Головними об'єктами досліджень були такі імпактні структури України, як Бовтиська та Оболонська. Як першочерговий об'єкт для проведення цілеспрямованих геологорозвідувальних робіт пропонується Бовтиська структура.

Ключові слова: астроBLEMа, імпактна структура, водень, вуглеводень, гелій, Оболонська імпактна структура, Бовтиська імпактна структура.

Актуальність проведених досліджень зумовлена необхідністю розширення паливно-енергетичної сировини мінерально-сировинної бази України, у т.ч. за рахунок нетрадиційних джерел вуглеводнів. Міжнародний досвід вивчення імпактних структур (астроBLEM) свідчить, що з ними можуть бути пов'язані крупні промислові родовища нафти і газу.

Аналіз публікацій за темою досліджень. В існуючій літературі надається аналіз утворення, особливостей будови, корисних копалин імпактних структур. В останні десятиріччя у світі значно зріс інтерес до імпактних структур як потенційно перспективних для відкриття в них промислових покладів корисних копалин, у тому числі покладів вуглеводнів (ВВ). Прогнозування перспективних площ на видобуток вуглеводнів у таких незвичайних об'єктах, як імпактні структури, потребує знань про їх утворення, будову, розвиток і руйнацію. Необхідно знати як і чим заповнюється кратер після утворення. Вивчення відомих родовищ вуглеводнів, пов'язаних з цими структурами, дозволяє визначити з якою морфологічною частиною кратера пов'язані самі поклади. Заповнювальний структурно-літологічний комплекс включає постударні осадові відклади, що відкладаються в кратері. Кратер поступово заповнюється відкладами, які зносяться з валу, осадами морського або озernого генезису.

Ще у другій половині ХХ ст. у всьому світі імпактні структури почали вивчатись як можливі нетрадиційні джерела вуглеводневих ресурсів та інших корисних копалин. Цьому питанню присвячено роботи (Westbroek, Stewart, 1996), в Україні – роботи (Багрій та ін., 2016, 2018; Крайшкін, Гуров, 1989; Михайлов та ін., 2011, 2013; Петровський та ін., 2014) та багато інших. Під час досліджень враховувався досвід відкриття й експлуатації родовищ нафти і газу, пов'язаних з імпактними

структурами у США, Канаді, інших країнах, та родовищ горючих сланців. Вивчення походження нафти і газу дало розвиток ідеям гідро-біогенно-абіогенного походження та їх пошуку не тільки в осадових басейнах, але й у межах фундаменту. Перспективними структурами цього пошуку є імпактні структури. Однак постає питання, де в імпактних структурах можливе утворення нафти, газу, гелію та водню.

На сьогодні у восьми осадових басейнах відомо 14 імпактних структур з промисловою нафтогазоносністю, з яких видобувають вуглеводні. Всі вони розташовані у відомих нафтогазоносних провінціях.

- Структура Авак (Avak) (США, Аляска) (газ). Добовий видобуток газу становить 37 тис. м³, запаси – 1,1 млрд м³.

- Структура В'юфілд (Viewfield) (Канада, пров. Саскачеван) (нафта). АстроBLEMа розташована в канадській частині Уїлстонського нафтогазового басейну. З розрахунку на одну свердловину добовий видобуток нафти з надр астроBLEMи сягає 87 т, газу – 7,4 тис. м³. Запаси нафти становлять 1,6 млн т, газу – 130 млн м³.

- Структура Еймс (Ames) (Емсова Яма або Емсова Діра) (США, Оклахома) (нафта, газ). Продуктивних свердловин – 40, пустих – 49. Породи-колектори – граніти, карбонати. З розрахунку на одну свердловину добовий видобуток нафти становить 390 т, газу – 88 тис. м³. Запаси нафти – 3,8 млн т, газу – 430 млн м³.

- Структура Ігл-Батт (Eagle Butte) (інша назва Ігл-Б'ютт, Канада, провінція Альберта) (газ). Газ видобувають п'ятьма свердловинами. Чотири з них розташовані у південно-східній частині астроBLEMи – на схилі направлено до центру кратера зовнішнього кільцевого валу, ще одна на схилі направлено до внутрішнього

© Багрій І., Гафич І., Паюк С., Солодкий Є., Ярошовець-Баранова К., 2023

кільцевого жолобу північно-східного схилу центрального підняття.

- *Структура Кан-Ам (США, шт. Мічиган) (нафта, газ).* Кільцева структура визначена під дном південної частини оз. Гурон, на глибині близько 2 км, вік утворення близько 500 млн років (Краюшкин, 1994). У зоні впливу імпактної структури (виникнення тріщинуватості) тільки на суходолі відомо 65 родовищ нафти і газу, колекторами яких служать піски верхнього кембрію, вапняки і пісковики середнього девону, а також вапняки і доломіти ордовіку і силуру.

- *Структура Лайс Ранч (інша назва Лайлес Ренч, Бі Блаф, Увал) (США, Техас) (газ).* Виявлена в 1979 р. у Південному Техасі (США, нафтогазовий басейн Мексиканської затоки) при аналізі аерофотознімків. У межах структури – чотири продуктивних свердловин і п'ять пустих. Колектори – пісковики (Donofrio, 1998). З розрахунку на одну свердловину добовий видобуток газу з надр сягає 2 тис. м³, запаси 57 млн т.

- *Структура Маркез (інша назва Маркез Доум) (Marquez) (США, Техас) (нафта, газ).* Видобуток вуглеводнів виконується з пісковиків центрального підняття і валу, з глибини 2700 м. Добовий видобуток нафти 5 т, газу 51 тис. м³. Запаси нафти становлять 15–23 тис. т.

- *Структура Мідлсборо (США, Кентукі) (нафта).* Кратер діаметром 5,8 км розташований у шт. Кентуккі, США, на межі штатів Вірджинія й Теннессі. Структура має центральне підняття і зовнішній концентричний кільцевий вал (Краюшкин, 1994). За геологічними даними, вік кратеру понад 300 млн років. Добовий видобуток нафти 42 т. Запаси нафти 2,3 млн т.

- *Структура Ньюпорт (Newporte) (інша назва Де-Ляк) (США, Півн. Дакота) (нафта).* З розрахунку на одну свердловину добовий видобуток нафти з надр астроблеми становить 633–2432 м³, газу – 283 тис. м³.

- *Структура С'єрра Мадера (Sierra Madera) (США, Техас) (газ).* Продуктивні глибини 2800–3100 м. Колектори – карбонати. Видобуток газу ведеться з центрального підняття і валу.

- *Структура Стін Рівер (Steen River) (Канада, Альберта) (газ).* Діаметр структури 25 км, вік 94 млн років. На поверхні структура не знаходить прояву і перекрита шаром осадових відкладів товщиною 200 м. Видобуток вуглеводнів ведеться з карбонатів, глибини продуктивних горизонтів 1100–1200 м. Добовий видобуток нафти 83 т, запаси – 45–75 тис. т.

- *Структура Ред Уінг Крік (Red Wing Creek) (США Півн. Дакота) (нафта, газ).* Астроблема розташована в Уїлстонському нафтогазовому басейні і похована під осадовими відкладами потужністю 2000 м. На знімках не відображається. З розрахунку на одну свердловину добовий видобуток нафти з надр астроблеми дорівнює 150 т, газу – 65 тис. м³. Запаси нафти 3 млн т, газу – 700 млн м³.

- *Структура Чиксулуб (Chicxulub) (Мексика, Юкатан) (нафта, газ).* Вперше кратер було визначено при проведенні геофізичних робіт (пошук нафти) на півострові Юкатан (Penfield, 1981).

На сьогодні, як зазначено вище, відомо 14 імпактних структур (10 у США, 3 у Канаді, 1 у Мексиці) із встановленою промисловою нафтогазоносністю. Це становить близько 5 % від загальної кількості відомих імпактних структур. Всі вони лежать у межах відомих вуглеводневих осадових басейнів; відкриті родовища вуглеводнів розташовані в межах центрального підняття або кільцевого валу імпактної структури. В імпактних структурах Еймс і Ньюпорт видобуток вуглеводнів ведеться з

фундаменту, що вказує на високі перспективи пошуку вуглеводнів не лише в осадових басейнах, а й у породах фундаменту, де пошук обмежений як можливостями геофізичних методів, так і теоретичними міркуваннями. Найбільш вивченою імпактною структурою в кристалічному фундаменті є розташована на Балтійському щиті Сільянська імпактна структура, де бурінням з метою видобутку вуглеводнів вивчався підкратерний простір. Буріння кількох свердловин з негативним результатом досі, на думку авторів, не закрило питання про її перспективність на видобуток вуглеводнів.

Зв'язок вуглеводневих родовищ з осадовими басейнами у світі не викликає суперечок, однак доказ їхнього зв'язку з імпактними структурами для деяких з них встановлено через тривалий час. Так, структуру Авак відкрито у 1943–1945 рр., однак лише у 1996 р. доведено, що це імпактна структура. Структуру Ігл-Батт відкрито у 1962 р., а її імпактне походження доведено у 1993 р. Перше буріння на структурі Ред Уінг Крік виконано у 1965–1968 рр., перший нафтовий поклад відкрито у 1972 р., а її імпактне походження встановлено у 1999 р. Отже, визначення зв'язку покладу вуглеводнів з імпактною структурою може займати тривалий час. Цілеспрямоване вивчення будови родовищ вуглеводнів може привести до відкриття нових імпактних структур і пов'язаних з ними родовищ вуглеводнів.

В Україні відомо сім імпактних структур, шість з яких розташовані в центральних районах УЩ. Ще у 1989 р. (Краюшкин, Гуров, 1989), виходячи з даних аналізу світового досвіду відкриття родовищ нафти і газу, пов'язаних з астроблемами, висловили тверде положення: "... все астроблеми України, конечно, также представляют принципиально новый и перспективный объект на нефть и газ". На думку цих авторів, доцільно якомога швидше почати буріння на нафту і газ, заклавши хоча б одну параметричну свердловину.

Ці положення та прогнози у подальшому знайшли обґрунтування в комплексній роботі вчених Інституту геологічних наук НАН України і виробництв "Нафтогазовий потенціал астроблем України" (1994). Як першочерговий об'єкт пошуків пропонується Оболонська імпактна структура, яка зосереджена в крайовій частині південного борту ДДз на його зчленуванні з північно-східним схилом УЩ. Розташування кратера Оболонської астроблеми, що межує з нафтогазоносною областю, та наявність тут потужної товщі платформних відкладів дозволяють розглядати його як імовірну перспективну нафтогазоносну структуру, кратер Бовтиської імпактної структури заповнений горючими сланцями.

Порівняльне вивчення українських астроблем і деяких нафтогазоносних кратерів Північної Америки (Ames..., 1997; Sawatzky, 1974) показує близькість їх будови і свідчить про ймовірність виявлення в них покладів ВВ (Краюшкин, 1994; Краюшкин, Гуров, 1989; Гуров, Гожик, 2006; Масайтис та ін., 1976). Найперспективнішим, на наш погляд, є Бовтиська імпактна структура, в якій виявлено сланцеві поклади. Перспективам нафтогазоносності імпактних структур Українського щита присвячені опубліковані роботи В.А. Михайлова та його колег (Михайлов та ін., 2013).

Мета досліджень – оцінка перспектив видобутку енергетичних ресурсів в астроблемах України (вуглеводні, горючі сланці, буре вугілля, водень, гелій) за СТАГД.

Виклад основного матеріалу. Детально охарактеризовані геологічна будова, відображення в геофізичних полях та отримані результати площинних приповерхневих зйомок на вуглеводні, водень та гелій, що складають

відомі імпактні структури – Бовтиську та Оболонську. Вуглеводневий потенціал імпактних структур автори пов'язують передусім із покладами горючих сланців, а також із кристалічним фундаментом кратерів. Нижче надаються результати вивчення нафтогазоносності імпактних структур України комплексом структурно-термо-атмо-гідролого-геохімічних досліджень (СТАГГД).

Бовтиська імпактна структура розташована на межі Кіровоградської і Черкаської областей у межах верхньої течії р. Тясмин (правої притоки р. Дніпро) та її приток. До центра структури в радіальних напрямках стікаються річки, які зливаються з утворенням р. Тясмин у 3 км на південний схід центру западини (рис. 1.) Далі р. Тясмин тече в північно-західному напрямку і прорізає передбачуваний цокольний вал кратеру імпактної структури в районі м. Кам'янка в 16–18 км від центра структури. У руслі річки тут виходять кристалічні породи. По обох берегах, у глибокому каньйоні (8–10 м) спостерігаються катаклазовані граніти. Бовтиська імпактна структура належить до одного з найвивченіших геологічних об'єктів України. Це пов'язано з тим, що тут виявлено та розвідано родовище горючих сланців.

Геофізичними роботами (гравіметрія, магніторозвідка, сейсмозвідка) було встановлено, що на гравіметричних картах западина виділяється як великий мінімум та має диференційоване магнітне поле. Результати геофізичних робіт дозволили зробити висновок, що западина в кристалічному фундаменті є замкнутою, зв'язок з ДДЗ відсутній. Глибина западини визначалась від 600 до 1500 м (рис. 2).

У науковій літературі широко обговорювалось походження Бовтиської западини, і протягом вивчення існували різні погляди щодо її виникнення (накладена западина, вулканоструктура, астроблема та ін.) (Галака та ін., 1955; Грабовський та ін., 1970; Гуров та ін., 2010; Михайлов, та ін., 2013; Рябенко та ін., 1982 та ін.). Наявність біля с. Бовтиськ у кристалічному фундаменті западини, виповненої осадовими породами мезо-кайнозойського віку, вперше встановив Л.Г. Ткачук у 1930–1932 рр.

Більш інтенсивне вивчення геологічної будови Бовтиської западини було розпочате після 1964 р. у зв'язку з проблемою твердого палива – горючих сланців (рис. 3). На території її розташування проводилися геологічні зйомки масштабу 1 : 50 000 (В.Г. Злобенко, В.П. Брянський, М.Ф. Піддубник, В.О. Поповиченко). Ці роботи дозволили

значно змінити погляди та уявлення щодо геологічної будови структури, стратиграфії виповнюючих осадових порід, положення в розрізі шарів так званих туфів, вулканічних лав, брекчій різного складу, а також горючих сланців. Змінювались погляди на походження, природу, вік утворення Бовтиської западини та покладів горючих сланців від вулканічно-тектонічної структури (Галака, Грабовський, 1967) до ударно-метеоритного або метеоритно-вибухового (Голубев та ін., 1974).

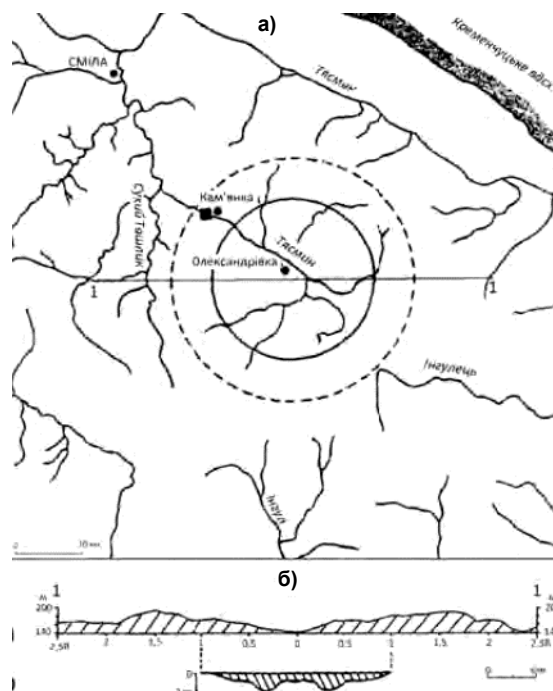


Рис. 1. Будова сучасної гідромережі в районі Бовтиської імпактної структури (а) (за Гуров, Гожик, 2006) та морфологічний профіль по лінії I-I (б) (за А.Ю. Ямниченко)

Контур кратера зображено суцільною лінією; вісь морфологічно визначеного вала депресії – пунктиром; вихід на денну поверхню цокольного вала кратеру зображено квадратом. Морфологічний профіль Бовтиської імпактної структури (а) і морфологічний розріз кратера в кристалічних породах основи (б)

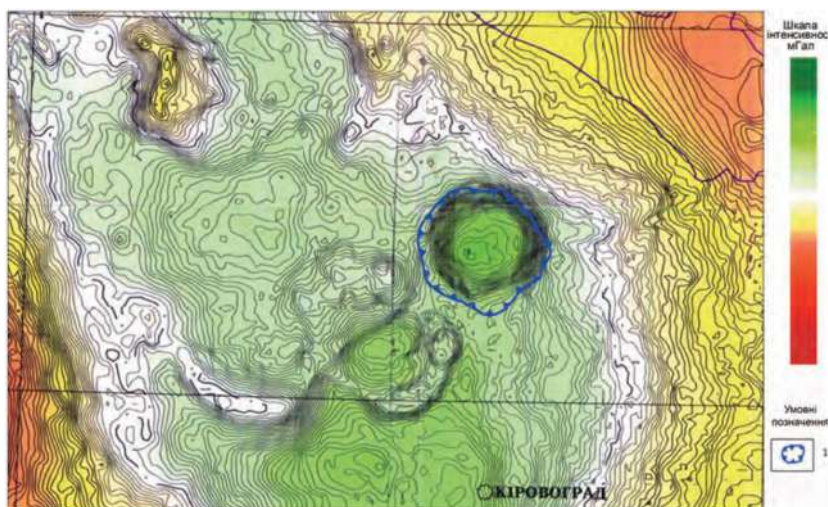


Рис. 2. Бовтиська імпактна структура на карті "Схема гравітаційного поля України" Масштаб 1 : 1 000 000, (ПДГРП "Північгеологія", Т.С. Нечаєва, Л.М. Шимків та ін., 2002 р.): 1 – контур Бовтиської імпактної структури

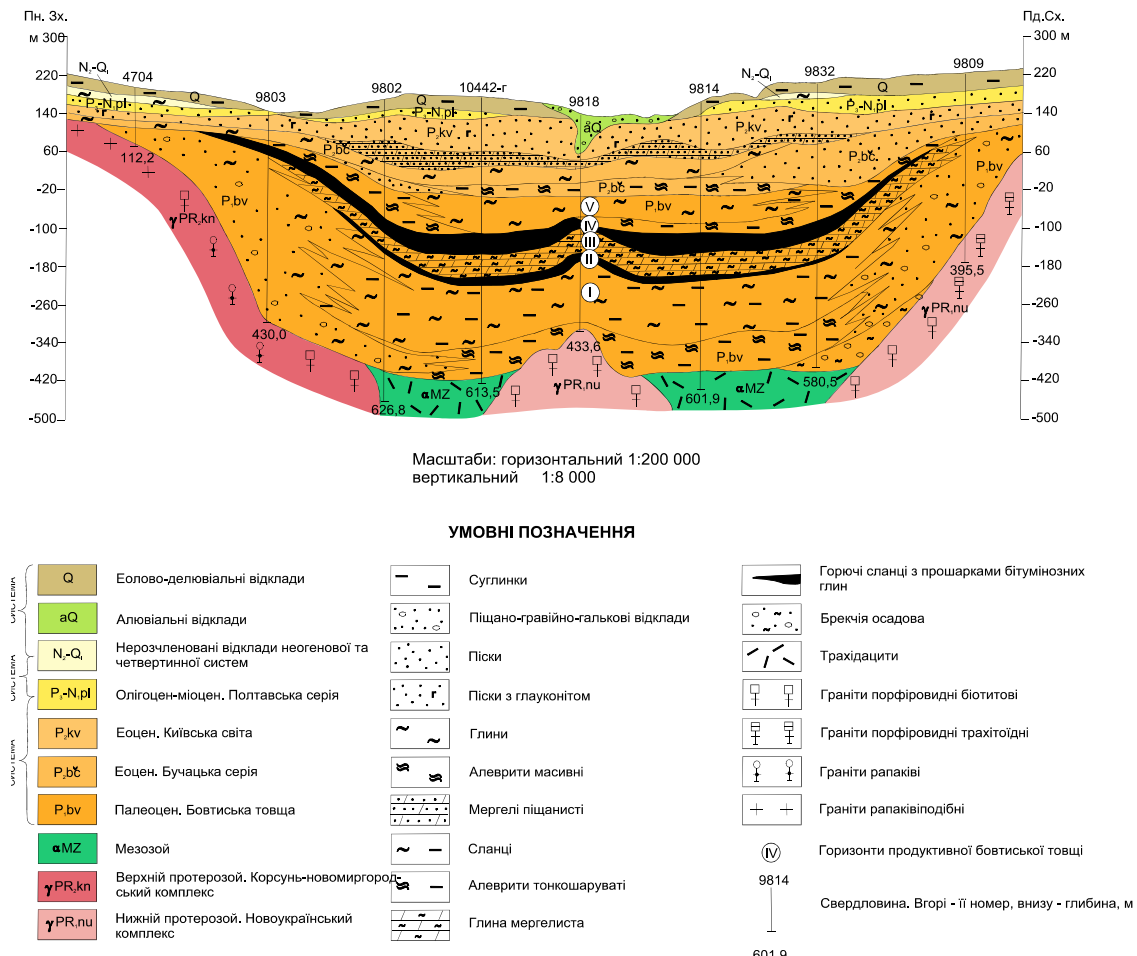


Рис. 3. Геологічний розріз Бовтиської структури

Геофізичними роботами (гравіметрія, магніторозвідка, сейсморозвідка (Є.В. Поллипас та ін.) було встановлено, що на гравіметричних картах западина виділяється як великий мінімум та має диференційоване магнітне поле. Результати геофізичних робіт дозволили зробити висновок, що западина в кристалічному фундаменті є замкнутою, зв'язок з ДДЗ відсутній. Глибина западини визначалась від 600 до 1500 м.

На ділянці робіт (Бовтиська котловина та її обрамлення) було пробурено близько 500 свердловин, з яких 79 досягли кристалічного фундаменту, у 20 свердловинах описані ударно-розплавлені породи, туфи, туфобрекції. Більшість свердловин розкрили повний розріз осадового чохла, у тому числі п'ять горизонтів (шарів) горючих сланців. Отже, вперше у Бовтиській западині було розкрито повний геологічний розріз, визначено запаси і ресурси Бовтиського родовища горючих сланців, охарактеризовано їх літологічний і хімічний склад, визначено перспективи їх використання як енергетичної сировини. Оцінку горючих сланців Бовтиського родовища як джерела енергетичної сировини виконували різні спеціалізовані організації колишнього Радянського Союзу і УРСР протягом багатьох років. У результаті встановлено, що сланці можуть бути використані як паливо для електростанцій, сировина для одержання моторного палива, мастил, висококалорійного газу, парафіну, азотних сполук, поверхнево активних речовин, гербіцидів тощо. Загальні ресурси і запаси горючих сланців Бовтиського родовища були підраховані у кількості 3887 млн т (Гравовський та ін., 1970). Відповідні розрахунки дозволяють припустити, що зі смол Бовтиського родовища можна витягнути 800 млн т сирової нафти. Як

джерело природного газу сланці не вивчалися. Найбільш повна характеристика горючих сланців Бовтиської западини та перспективи їх використання висвітлені в роботах (Михайлов та ін., 2011; 2013).

Бовтиська імпактна структура розташована в басейні р. Тясмин, правої притоки р. Дніпра, і є найбільшою на Українському щиті. Для складання детальної схеми дешифрування і вивчення особливостей сучасного тектонічного плану структури використовувались космічні знімки Landsat ETM+ (8-й канал високої роздільної здатності збільшений до масштабу 1 : 50 000). По створеній детальній схемі дешифрування був виконаний статистичний аналіз поля лінементів з допомогою програми "WinLessa". У результаті аналізу було побудовано розу лінементів Бовтиської структури та карта щільності лінементів флюїдопроникних зон.

У рамках проведених досліджень на підготовчому етапі досліджень виконано збір, систематизацію, аналіз та введення у відповідні бази близько 30 літературних та фондових інформаційних джерел щодо геолого-структурної будови Бовтиської структури. Необхідно зазначити, що незважаючи на велику кількість пробурених свердловин (понад 500) геофізичними методами (гравіметричними, магнітометричними, сейсмічними дослідженнями) структура вивчена недостатньо, а свердловинами остаточно не розкритий на всю глибину кільцевий прогин навколо центрального підняття. Польові дослідження за СТАГД (рис. 4) виконано на площі 1951 км², за мережею пункти спостережень (ПС) 4x4 км за межами кратеру і 3x3 км – у його межах.

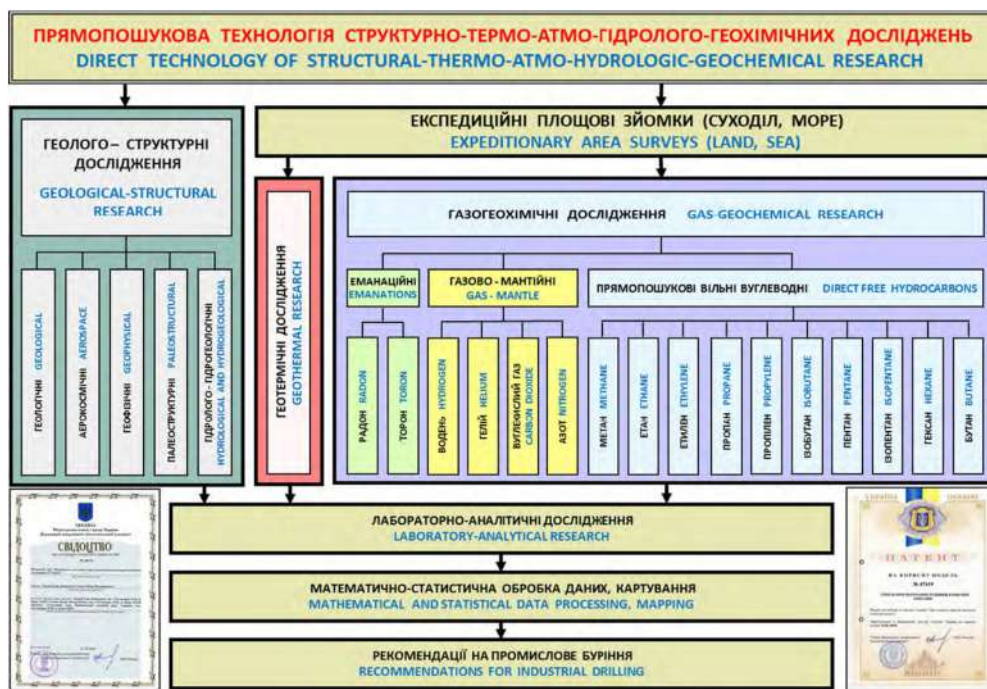


Рис. 4. Принципова схема СТАГГД

На окремих профілях крок між пунктами спостережень (ПС) дорівнював 1–2 км. Загальна кількість ПС – 181, з них 59 ПС (33 % від загальної кількості) розташовані в кратері імпульсної структури, інші ПС – між кратером імпульсної структури і кільцевою структурою, визначеною за результатами дешифрування МКЗ. Об'єктами досліджень були: Бовтиська імпульсна структура і однойменна кільцева структура, що за розмірами перевищує останню. Пункти спостереження за межами кільцевої структури фактично відсутні.

Проведений комплекс досліджень дозволив уточнити будову структурно-тектонічних елементів Бовтиської імпульсної структури і однойменної кільцевої структури, виділеної за даними інтерпретації МКЗ, та ділянки досліджень загалом. З'ясовано, що в межах кратеру проходить розвантаження легких вуглеводнів, але їх концентрація значно менша, ніж важких. Більшість показників мають аномальні і підвищені значення між визначеним кільцевим валом і кратером імпульсної структури.

Газогеохімічні дослідження включали визначення вуглекислого газу, гелію та водню.

Вуглекислий газ (CO_2 , об. %). Розподіл показників вмісту вуглекислого газу загалом збігається з розподілом показників радону і торону. Аномалії спостерігаються в межах перетинання кратера Бовтиської структури і Кіровоградського глибинного розлому; у межах південно-східної частини ділянки досліджень аномалії можуть бути пов'язані з кільцевим валом.

Гелій (He , $\text{p} \cdot 10^{-3}$, об. %). Гелій визначено у 33 пунктах спостереження (рис. 5). Аномалії газу утворюють зону загального північно-східного простягання.

Водень (H_2 , $\text{p} \cdot 10^{-3}$, об. %). Водень зазвичай асоціює з газами глибинного походження. Аномалії водню в межах ділянки досліджень мають як поодинокі (точкові), так і лінійно витягнуті контури (рис. 6).

На підставі проведених робіт СТАГГД у межах площі досліджень визначено перспективні ділянки на пошуки вуглеводнів, водню та гелію (рис. 5–7).

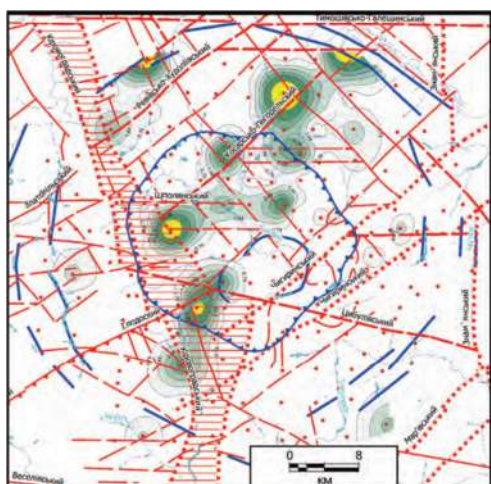


Рис. 5. Схема просторового розподілу показників вмісту гелію в підґрунтовому повітрі

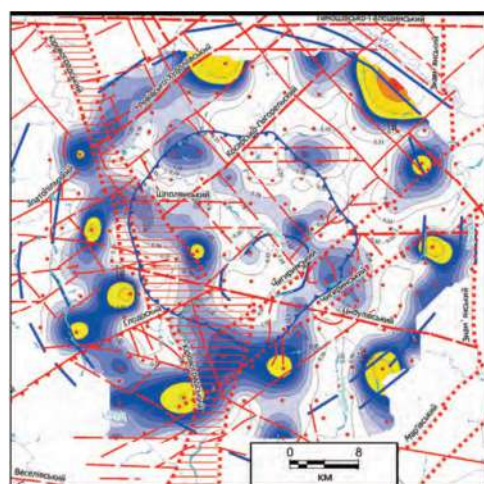


Рис. 6. Схема просторового розподілу показників вмісту водню в підґрунтовому повітрі

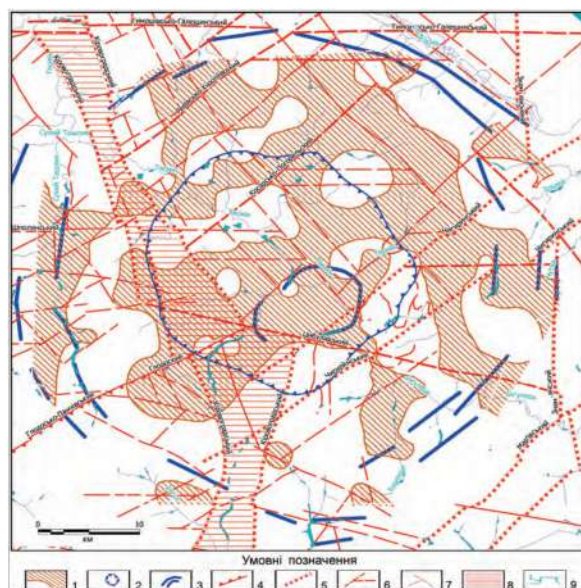


Рис. 7. Карта просторового розташування флюїднепроникних ділянок, перспективних на пошуки пасток вуглеводнів (на структурно-тектонічній основі):

- 1 – ділянки, перспективні на пошуки пасток вуглеводнів; 2 – контури кратера, 3 – фрагменти кільцевих структур за результатами дешифрування МКЗ; розломи: 4 – підкиди, 5 – скиди, 6 – головні, 7 – другорядні, 8 – зона Кіровоградського глибинного розлому; 9 – гідрографічна мережа

Масштаб (детальність робіт) мережі пункти спостережень (ПС) внаслідок великого розміру кратеру і ще більш великого кільцевого валу дозволяє говорити лише про загальні риси розподілу газів у межах ділянки досліджень. Рекомендується проведення високоточних гравіметричних і магнітометричних досліджень, сейсморозвідки за технологією 3D з метою вивчення будови кратеру, проведення детальних робіт з більш щільною мережею і концентрацією ПС у межах перспективних ділянок за технологією СТАГД.

Оболонська імпактна структура. Географічно Оболонська структура розташована на лівобережжі р. Дніпро, на водорозділі річок Сули і Хорол, західніше структури – Кременчуцьке водосховище. Район характеризується рівнинним, слабо розчленованим рельєфом і належить до Придніпровської низини. Більша його частина зосереджена на терасах рр. Сули і Дніпра, характеризується наявністю невеликих озер, заболоченістю; тут протікає невелика р. Крива Руда.

У межах Оболонської структури на порівняно незначній площі виконаний комплекс геофізичних досліджень різних модифікацій і масштабів, який був орієнтований на детальне вивчення структури, як об'єкта на енергетичні корисні копалини (горючі сланці, вуглеводні). У плані реалізації програми робіт з пошуків родовищ горючих сланців у 1965–1966 рр. у межах Оболонської западини було пробурено дві глибокі свердловини – №№ 5301 і 5302. Свердловини розкрили під відкладами кайнозою, крейди і верхньої юри товщу теригенних утворень з уламками туфобрекчій і кристалічних порід. На сьогодні ці свердловини є єдиними, що пробурені в межах кратера Оболонської імпактної структури.

Картувальні ознаки Оболонської імпактної структури і результати порівняльного аналізу досвіду з вивчення та практичного використання нафтогазоносності імпактних структур Канади і США дозволили вченим Інституту геологічних наук – В.А. Краюшкіну і Є.П. Гурову ще у 1971 р. зробити спробу прогнозу оцінки нафтогазового потенціалу Оболонської структури і надати рекомендації щодо їх вивчення і пошукового буріння на вуглеводні (Краюшкін, Гуров, 1987). Згідно з рекомендаціями пропонувалось буріння параметричної свердловини Оболонська-1 у центрі

структури для розкриття її підкратерної зони. Відповідно до рекомендацій програми співробітниками Інституту геологічних наук, ДГП "Чернігівнафтогазгеологія" та інших виробничих організацій був виконаний додатковий випереджальний комплекс геолого-геофізичних, геохімічних та інших спеціальних робіт у районі Оболонської структури і безпосередньо в межах самої структури.

За результатами електророзвідувальних робіт методом ССП ДГП "Чернігівнафтогазгеологія" (Кукурудза, 1991) у зоні зчленування зовнішнього валу Оболонської імпактної структури з кратером встановлено слабоінтенсивні позитивні аномалії, які простежуються від фундаменту через весь розріз осадового чохла. У цей же час ДГП "Чернігівнафтогазгеологія" виконує газогеохімічні дослідження у межах Оболонської структури. У палеоген-четвертинних відкладах були виявлені підвищені концентрації водорозчиненого метану (6,2–15,8)•10–3 см³/л).

Вперше було проведено аналіз особливостей будови нафтогазоносних астроблем США, Канади та інших країн, походження і накопичення ВВ у різних частинах імпактних структур. На базі зібраних матеріалів щодо різних видів досліджень та їх успішності при пошуках родовищ ВВ в імпактних структурах, в роботах (Краюшкін, Гуров, 1989; Баєрій та ін., 2016, 2018) наведено науково обґрунтовану доцільність нафтопошукового буріння на всіх астроблемах, відомих на території України і, насамперед, на Оболонському кратері, вже підготовленому до буріння геофізичними методами (рис. 8).

Глибина рекомендованої свердловини Оболонська-1 повинна була бути не меншою за 5000 м. Проблеми перспектив нафтогазоносності імпактних структур вчені і спеціалісти нафтогазової та інших галузей обговорювали на різних рівнях. Матеріали обговорень і відповідних прогнозів викладені в опублікованих роботах (Краюшкін, Гуров, 1989; Баєрій та ін., 2016, 2018). Внутрішня будова імпактної структури встановлена авторами під час вивчення керна двох свердловин – №№ 5301 і 5302, пробурених на захід і північний захід від центра кратера, детально вивчений склад порід коптогенного комплексу, їх петрографічні, петрофізичні, геохімічні, мінералогічні особливості та імпактні ознаки (Кукурудза, 1991).

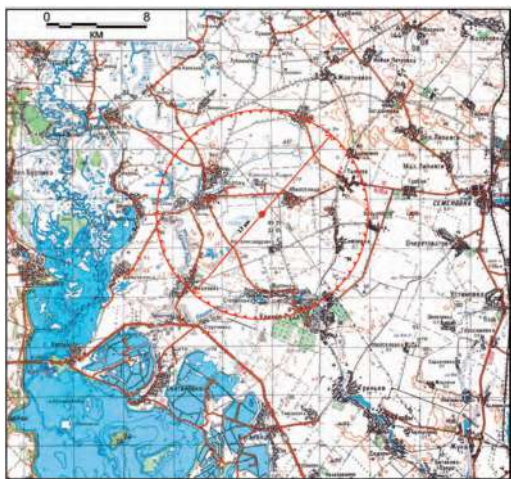


Рис. 8. Схема розташування Оболонської імпаکتної структури (на топографічній основі)

На Оболонській площі на замовлення НАК "Нафтогаз України" було проведено високоточні гравімагнітометричні і геохімічні дослідження та комплексну інтерпретацію геолого-геофізичних даних з метою вивчення особливостей глибинної будови та прогнозування поширення зон розвитку колекторів різного типу на території Оболонської площі (виконавець комплексних геолого-геофізичних досліджень – ТОВ "Віртус-XXI"; площа робіт – 423,2 км²). У результаті створена 3D інтегральна геолого-геофізична модель Оболонської площі та глибинної будови Оболонської імпаکتної структури, наданий прогноз пошукових площ з покращеними колекторськими властивостями (як у кристалічному фундаменті, так і в осадовому

чохлі), оцінена нафтогазоперспективність Оболонської структури, надані рекомендації щодо подальшого проведення геологорозвідувальних робіт та розміщення пошукових свердловин. Вивченню особливостей геологічної будови та оцінці перспективності нафтогазоносності Оболонської імпаکتної структури на основі застосування нових напрямків у технології інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних присвячені деякі роботи НТФ "Біпекс ЛТД" (Петровский, 2014).

Найбільш повна систематизація матеріалів щодо геолого-геофізичної будови та перспектив нафтогазоносності Оболонської структури міститься в роботі (Михайлов та ін., 2013). У 2005 р. на території Оболонської структури відділ геоекології та пошукових досліджень ІГН НАН України проводив приповерхневі комплексні структурно-термо-атмогеохімічні дослідження. Методика досліджень, опублікована в численних роботах І.Д. Багрія та колег (Багрій та ін., 2016, 2017), зареєстрована Державним департаментом інтелектуальної власності Міністерства науки і освіти.

Польові дослідження були виконані на площі 510,1 км² за системою профілів. Відстань між профілями – 4000 м, між пунктами спостережень на профілі – 1000 м; всього пунктів спостережень – 150. Виділені ділянки найбільш перспективні на пошуки ВВ. У 2010 р. за цією ж методикою на площі 420 км² на Оболонській структурі проведено аналогічний комплекс досліджень СТАГД на 180 пунктах (15 профілів, крок між пунктами – 1500 м). Роботи за методикою СТАГД виконувались у межах Оболонської структури тричі – у 2005, 2011 та 2013 рр.; результати математично-статистичної обробки даних лабораторно-аналітичних досліджень СТАГД наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Зведені дані польових досліджень на Оболонській структурі				
№	Місяць, рік досліджень	Кількість пунктів спостережень	Площа досліджень, км ²	Профільний або площинний варіант досліджень
1	07.2005	150	474,2	Площинні дослідження за мережею: по профілю 1 км, між профілями 3–4 км
2	08.2011	180	420	Площинні дослідження за мережею 1,5х1,5 км
3	09.2013	109	250	Профільні з кроком по профілю 1 км

Газогеохімічні дослідження проведено за вуглекислим газом, гелієм та воднем.

Вуглекислий газ (CO₂, об. %). За розподілом газів можна побачити, що середні і аномальні значення показника ("середнє + 3S") зійомок 2005 і 2011 рр. (рис. 9, 10), збігаються між собою, а за зійомкою 2013 р. – у два рази менші.

Можливо це пов'язано з тим, що відносно більша кількість пунктів спостережень 2013 р. розташована за межами Оболонської структури. За розподілом показника у східній і південній частині площі фіксується зона фонових значень уздовж зовнішньої частини Оболонської структури.



Рис. 9. Схема розташування ПС, в яких зафіксований гелій у підґрунтового повітрі при зійомках СТАГД

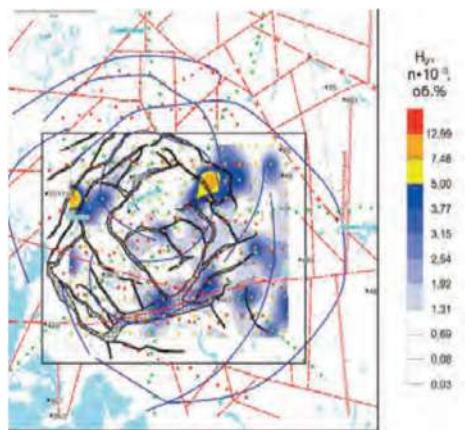


Рис. 10. Схема просторового розподілу показників вмісту водню в підґрунтового повітрі

Гелій (He, $n \cdot 10^{-3}$ об.%). За результатами дослідження 2005 р. гелій було виявлено в одній пробі в центрі Оболонської структури. За результатами зйомки 2011 р. побудовано карту розподілу гелію. За цими даними гелій фіксувався по колу зовнішньої частини Оболонської структури, особливо в її північній частині, а також фіксувалися ПС, витягнуті у північно-західному напрямку в центральній частині структури.

Водень (H_2 , $n \cdot 10^{-3}$ об.%). За результатами досліджень 2005 р. водень було виявлено у восьми пунктах, які розташовані за межами Оболонської структури. За результатами досліджень 2013 р. водень було виявлено у 29 пробах. Варто відзначити, що загалом водень фіксується за межами структури, а в її межах водень зустрічається у ПС, які збігаються з порушеннями.

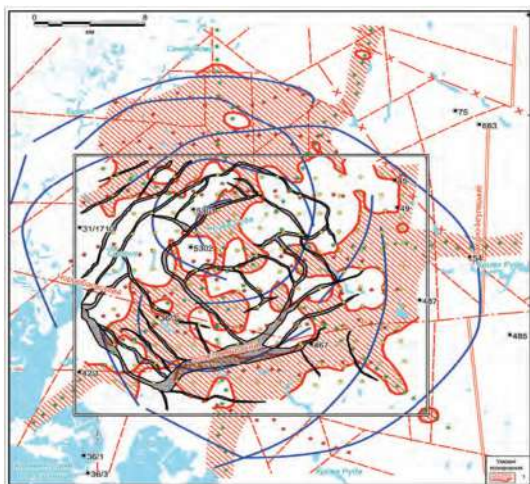


Рис. 11. Схема просторового розташування флюїдонепроникних ділянок, перспективних на пошуки пасток вуглеводнів (на структурно-тектонічній основі):
1 – контури флюїдонепроникних ділянок, перспективних на пошуки пасток вуглеводнів

Висновки. У процесі виконання досліджень були розроблені, удосконалені та випробувані різні методи математико-статистичної обробки даних. Автори вважають, що знайдений комплекс таких методів є оптимальним. Об'єднання в єдину систему окремих методів математико-статистичної обробки великих за обсягом масивів даних значно підвищує інформативність і ефективність самого процесу. Побудовані за даними обробки карти, геолого-геохімічні профілі є за своєю суттю математико-статистичними моделями. На основі результатів обробки одержаних фактографічних даних були складені карти просторового розподілу показників температури, еманційних показників (радон, торон), співвідношення еманційних газів, вмісту у підґрунтовому повітрі гелію, водню, вуглекислого газу, вуглеводневих газів, інформативних інтегральних коефіцієнтів та ін.

Досвід проведених досліджень свідчить про необхідність системного вивчення у межах імпактних структур гідрогеологічних часових розрізів (по створах), у т. ч.:

- гідрологічного обстеження і гідрометричної зйомки водотоків;
- радонометричного обстеження;
- відбір проб донних відкладів з визначенням складу розчинених у них газів.

Аналіз результатів проведених комплексних досліджень будови та перспектив нафтогазоносності імпактних структур (астрооблем) України, а також міжнародного досвіду розвідки

та експлуатації нафтогазоносних структур США, Канади та інших країн дозволяє зробити такі висновки.

1. З імпактними структурами можуть бути пов'язані нетрадиційні джерела енергетичної сировини – нафти і газу. Найперспективнішими на виявлення покладів вуглеводнів промислового значення, на думку авторів, є Бовтиська та Оболонська імпактні структури України. Як першочерговий об'єкт для проведення цілеспрямованих геологорозвідувальних робіт пропонується Бовтиська структура, де розвідано родовище горючих сланців із запасами близько 4 млрд т. Сланці можуть бути використані як паливо для електростанцій і промислового вилучення вуглеводнів (до 800 млн т сирової нафти або 2,7 трлн m^3 горючого газу).

2. Результати проведеного комплексу приповерхневих СТАГД, розробленого в ІГН НАН України, дають підстави стверджувати, що в підкратерній та підвальної зонах Бовтиської структури можуть бути виявлені значні запаси вуглеводнів.

Отже, проведення в найкоротші терміни цілеспрямованих комплексних геолого-геофізичних робіт (у т. ч. буріння свердловин), а на підготовчому етапі – СТАГД, ефективність яких доведена під час пошуків нафтогазоносних структур різного генезису, на суші й акваторіях Чорного та Азовського морів, буде сприяти розв'язанню проблем енергетичної безпеки держави.

Список використаних джерел

- Багрий, І.Д., Почтаренко, В.І., Дубосарський, В.Р., Янцевич, О.О., Семенюк, В.Г., Грига, М.В., Малишев, О.М., Гафич, І.П. (2016). Геолого-структурно-геохімічні особливості формування родовищ горючих сланців та вуглеводневих покладів Бовтиської імпактної структури. *Геологічний журнал*, 17–42.
- Багрий, І.Д., Альохін, В.І., Дубосарський, В.Р., Почтаренко, В.І., Семенюк, В.Г., Гафич, І.П., Лактіонов, І.С. (2017). Спеціальні методи в геології. Покровськ: ДВНЗ "ДОНТУ", 215 с.
- Багрий, І.Д., Гожик, П.Ф., Рудько, Г.І. та ін. (2018). Нафтогазоносність імпактних структур України. Київ–Чернівці: Букрек, 503 с.
- Басс, Ю.Б., Галака, А.І., Грабовський, В.І. (1967). Болтышские горючие сланцы. *Разведка и охрана недр*, 9, 11–15.
- Галака, А.М. і др. (1955). Отчет о результатах геологопоисковых работ в районе Болтышской депрессии (по работам Петриковской партии) за 1953–54 гг. К.: Фонды НВП "Геоинформ України".
- Голубев, В.А., Карпов, Г.М., Поповиченко, В.А. (1974). Про метеоритно-вибухове походження Бовтиської западини на Кіровоградщині. *Доп. АН УРСР. Сер. Б*, 1, 10–12.
- Грабовський, В.К., Риздвянський, К.Ф., Солодовниченко, А.П., Шендринская, Г.А. (1970). Отчет о предварительной разведке Болтышского месторождения горючих сланцев 1967–1969 гг. (Кировоградская и Черкасская обл. УССР). К.: Фонды НВП "Геоинформ України".
- Гуров, Е.П., Гожик, П.Ф. (2006). Импактное кратерообразование в истории Земли. НТП "Нафтогаз-прогноз", 218 с.
- Гуров, Е.П., Черненко, Ю.О., Ямиченко, А.Ю. (2010). Ударні та післяударні процеси при метеоритному кратероутворенні. *Звіт про НДР*, 94 с.
- Кукурудза, В.Д. (1991). Обобщение результатов ГГФ и геохимисследований, выполненных на Оболонской астроблеме с целью оценки перспектив НГ. *Отчет ВНИИ ПГО "Черниговнефтегазгеология"*.
- Краюшкин, В.А., Вакарчук, Г.И., Гальченко, В.А., Ключко, В.П., Листков, В.П., Лушпей, М.М., Слободян, В.П., Токовенко, В.С., Филишкин, К.К. (1994). Нефтегазовый потенциал астроблем Украины. Препр. АН Украины. Ин-т геол. наук, 93–4.
- Краюшкин В.А., Гуров, Е.П. (1989). К перспективе поиска нефти и газа в астроблемах Украины. *Геологический журнал*, 1, 17–27.
- Краюшкин, В.А., Гуров, Е.П. (1987). Научное обоснование нефтегазопоискового бурения на Оболонской астроблеме. *Геологический журнал*, 1, 17–27.
- Масайтис, В.Л., Данилин, А.Н., Карпов, Г.М., Райхлин, А.И. (1976). Оболонская и Ротмистровская астроблемы в Европейской части СРСР. *Докл. АН СССР*, 1, 174–177.
- Михайлов, В.А., Загітко, В.М., Михайлова, Л.С. (2011). Перспективы газоносности сланцевых відкладів Бовтиської западини. *Зб. наук. праць ін-ту ім. Тютювського*, 35, 1 (2), 23–29.
- Михайлов, В.А., Зейкан, О.Ю., Коваль, А.М., Загітко, В.М., Гуров, Е.П., Вижва, С.А., Шнюков, Є.Ф., Наумко, І.М., Чепіль, П.М., Кожушок, О.Д., Радченко, В.В., Безродний, Д.А. (2013). Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: Метан вугільних родовищ. Газогідрати, імпактні структури і наклади западини Українського щита. К.: Ніка-Центр, 368 с.
- Петровський, А.П. і др. (2014). Интегральное геолого-геофизическое моделирование Оболонской астроблемы в свете перспектив ее

нефтегазоносности. *Материалы 41-й сессии Международного научного семинара имени Д.Г. Успенского, ИГФ УрО РАН*, 189–191.

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

Donofrio, R.R. (1998). North American impact structures hold giant field potential. *Oil Gas Journal*, May 11, 69–83.

Ames Structure in Northwest Oklahoma and Similar Features: Origin and Petroleum Production (1995 Symposium). (1997). Circular 100, The University of Oklahoma Norman, 396 p.

Penfield, G.T., Camargo, A.Z. (1981). Definition of a major igneous zone in the central Yucatan platform with aeromagnetics and gravity (abstract). *Society of Exploration Geophysicists, 51st Annual International Meeting*, 37.

Sawatzky, H.B. (1974). Astroblems in the Williston Basin, 23–38.

Westbroek, H.H., Stewart, R.R. (1996). The formation, morphology, and economic potential of meteorite impact craters. *CREWES Research Report Meteorite impact craters*, 8, 34–1 – 34–26.

References

Ames Structure in Northwest Oklahoma and Similar Features: Origin and Petroleum Production (1995 Symposium). (1997). Circular 100, The University of Oklahoma Norman, 396 p.

Bahrii, I.D. (2018). Naftohazonosnist impactnykh struktur Ukrainy. Kyiv–Chernivtsi: Bukrek, 503 p. [in Ukrainian]

Bahrii, I.D., Alokhin, V.I., Dubosarskiy, V.R., Pochtarenko, V.I., Semeniuk, V.H., Hafich, I.P., Laktionov, I.S. (2017). Spetsialni metody v heolohii. Pokrovsk: DVNZ "DoNTU", 215 p. [in Ukrainian]

Bahrii, I.D., Pochtarenko, V.I., Dubosarskiy, V.R., Yantsevych, O.O., Semeniuk, V.H., Hryha, M.V., Malyshev, O.M., Hafych, I.P. (2016). Heolohostruktorno-heokhimichni osoblyvosti formuvannia rodovyskh horiuchykh slantsiv ta vuhlevodnykh pokladiv Bovtyskoi impactnoi struktury. *Geological journal*, 17–42. [in Ukrainian]

Bass, Yu.B., Galaka, A.I., Grabovskiy, V.I. (1967). Boltyishskie goryuchie slantsyi. *Razvedka i ohrana nedr*, 9, 11–15. [in Russian]

Galaka, A.M. et al. (1955). Otchet o rezultatah geologoposkovykh rabot v rayone Boltyishskoy depressii (po rabotam Petrikovskoy partii) za 1953–54 gg. Fondy NVP "Geolinform Ukraina". [in Russian]

Golubev, V.A., Karpov, G.M., Popovichenko, V.A. (1974). Pro meteoritno-vibuhove pohodzhennya Bovtyskoyi zapadiny na Kirovogradshchyni. *Dop. AN URSSR. Ser. B*, 1, 10–12. [in Russian]

Grabovskiy, V.K., Rizdvianskiy, K.F., Solodovnichenko, A.P., Shendrinskaya, G.A. (1970). Otchet o predvaritelnoy razvedke Boltyishskogo mestorozhdeniya goryuchykh slantsiv 1967–1969 gg. (Kirovogradskaya i Cherkasskaya obl. USSR). K.: Fondy NVP "Geolinform Ukraina". [in Russian]

Grieve, R.A.F., Reni, G., Gurov, E.P., Ryabenko, V.A. (1987). The melt rocks of the Boltysh impact crater Ukraine USSR. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 96, 56–62.

Gurov, E.P., Chernenko, I.O., Yamnychenko, A.I. (2010). Udarni ta pislia udarni protsesy pry meteorytnomu krateroutvorenni. *Zvit pro NDR*, 94 p. [in Ukrainian]

Gurov, E.P., Gozhik, P.F. (2006) Impaktnoe krateroobrazovanie v istorii Zemli. NTP "Naftogaz-prognoz". 218 p. [in Ukrainian]

Kukurudza, V.D. (1991). Obobshcheniye rezultatov GGF i geokhimissledovaniy. voplnennykh na Obolonskoy astrobleme s tselyu otsenki perspektiv NG. *Otchet VNI PGO "Chernigovneftegazgeologiya"*. [in Russian]

Krayushkin V.A., Gurov, E.P. (1989). K perspektive poiska nefi i gaza v astroblemah Ukrainy. *Geological journal*, 1, 17–27. [in Russian]

Krayushkin, V.A., Vakarchuk, G.I., Galchenko, V.A., Klochko, V.P., Listkov, V.P., Lushpey, M.M., Slobodyan, V.P., Tokovenko, V.S., Filyushkin, K.K. (1994). Neftegazovyyi potentsial astroblem Ukrainy. Prepr. AN Ukrainy. Int-geol. nauk, 93–4. [in Russian]

Krayushkin, V.A., Gurov, E.P. (1987). Nauchnoe obosnovanie neftegazoposkovogo bureniya na Obolonskoy astrobleme. IGN AN USSR. [in Russian]

Masaytis, V.L., Danilin, A.N., Karpov, G.M., Rayhlin, A.I. (1976). Obolonskaya i Rotmistrovskaya astroblemy v Evropeyskoy chasti SSSR. *Dokl. AN SSSR. № 1*. S. 174–177. [in Russian]

Mykhailov, V.A., Zahnitko, V.M., Mykhailova, L.S. (2011). Perspektivy hazonosnosti slantsevyykh vidkladih Bovtyskoi zapadyny. Zb. nauk. prats in-tu im. Tutkovskoho, 35, 1 (2), 23–29. [in Ukrainian]

Mykhailov, V.A., Zeikan, O.I., Koval, A.M., Zahnitko, V.M., Hurov, Ye.P., Vyzhva, S.A., Shniukov, Ye.F., Naumko, I.M., Chepil, P.M., Kozhushok, O.D., Radchenko, V.V., Bezrodnyi, D.A. (2013). Netradytsiini dzherela vuhlevodiv Ukrainy: Metan vuhilnykh rodovyskh. Hazohidraty, impaktni struktury i nakladieni zapadyny Ukrainy shchytia. K.: Nika-Tsentr. 368 p. [in Ukrainian]

Penfield, G.T., Camargo, A.Z. (1981). Definition of a major igneous zone in the central Yucatan platform with aeromagnetics and gravity (abstract). *Society of Exploration Geophysicists, 51st Annual International Meeting*, 37.

Petrovskiy, A.P. et al. (2014). Integralnoe geologo-geofizicheskoe modelirovanie Obolonskoy astroblemy v svete perspektiv ee neftegazonosnosti. *Materialy 41-y sessii Mezhdunarodnogo nauchnogo seminara imeni D.G. Uspenskogo, IGF Uro RAN*, 189–191.

Ryabenko, V.A., Valter, A.A., Gurov, E.P. et al. (1982). Geologiya i petrologiya vzyryvnykh meteoritnykh kraterov. K.: Nauk. dumka., 228 p. [in Russian]

Sawatzky, H.B. (1974). Astroblems in the Williston Basin, 23–38.

Westbroek, H.H., Stewart, R.R. (1996). The formation, morphology, and economic potential of meteorite impact craters. *CREWES Research Report Meteorite impact craters*, 8, 34–1 – 34–26.

Надійшла до редколегії 30.11.22

I. Bagriy, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,

E-mail: bagrid@ukr.net,

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine,

55-B O. Honchar Str., Kyiv, 01054, Ukraine;

I. Hafych, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Director,

E-mail: gafichip@dtck.com,

Naftogaz LLC, 9-D Simiy Hohlovyy Str., Kyiv, 04119, Ukraine;

S. Payuk, Head,

E-mail: golova@dkz.gov.ua,

State Commission of Ukraine on Mineral Reserves,

18/7 Almazova Str., of. 816, Kyiv, 01133, Ukraine;

E. Solodkyi, Cand. Sci. (Geol.), Head of the exploration department,

E-mail: solodkiyev@dtck.com,

Naftogaz LLC, 9-D Simiy Hohlovyy Str., Kyiv, 04119, Ukraine;

K. Yaroshovets-Baranova, PhD Student,

E-mail: katerina.yaroshovetseo_33@ukr.net,

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine,

55-B O. Honchar Str., Kyiv, 01054, Ukraine

PROSPECTS FOR EXTRACTION OF ENERGY RESOURCES IN ASTROBLEMS OF UKRAINE

Analysis of the results of complex studies of the structure and prospects of oil and gas bearing impact structures (astroblems) of Ukraine are based on the introduction of the latest technologies and equipment complexes. The purpose of the research is to assess the prospects for the production of energy resources in the astroblems of Ukraine (hydrocarbons, oil shale, brown coal, hydrogen, helium) according to the STHAGC. The paper is based on the factual material made up of the results of many years of field surveys performed according to the integrated practice of structural, thermal, hydrological, atmogeochemical surveys (STHAGC) of the impact structures. This technique has proved successful as a practical tool for prospecting of mineral reserves (hydrocarbons, underground waters) and solution of ecological problems in various regions of Ukraine (the land and water areas of the Black Sea and the Sea of Azov).

Impact structures (astroblems) should be regarded as non-traditional sources of the energy feedstock, namely, oil and gas. Prospecting and operation of these sources will permit to significantly enlarge the energy potential within the shortest time and strengthen the national security of the country. The main targets of the surveys performed by the monograph authors were the following impact structures in Ukraine: Bovtyska and Obolonska. The Bovtyska structure is proposed as a primary object for purposeful geological exploration.

Keywords: astroblem, impact structure, hydrogen, hydrocarbon, helium, Obolonska impact structure, Bovtyska impact structure.