

ГЕОГУСТИННІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОГО РОЗРІЗУ ОБОЛОНСЬКОЇ АСТРОБЛЕМИ

¹Ю.В. Аніщенко, ¹Н.С. Ганженко, ²В.В. Омельченко

¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727125,
e-mail: p n g g @ n i n g . e d u . u a

²ДНІПРОГЕОФІЗИКА, 49057, м. Дніпропетровськ, вул. Геофізична, 1, тел. (056) 7635968,
e-mail: t a t a @ n a v u . d p . u a

На території Дніпровсько-Донецької западини на сучасному етапі розвитку геологорозвідувальних робіт основні перспективи приросту промислових запасів вуглеводнів пов'язують з виявленням нових типів потенційно нафтогазоносних об'єктів. Виходячи з досвіду закордонних дослідників, одним з таких типів є тектонічні структури, які утворилися при ударі великих метеоритів - астроблеми або імпактні структури. У багатьох випадках вони містять родовища різноманітних корисних копалин, у тому числі й вуглеводнів. На сьогодні на території України діагностовано вісім імпактних структур. Однією з найбільш перспективних астроблем є Оболонська імпактна структура, розташована в межах південного борту ДДз (північний схил Українського кристалічного щита). Попри наявність великого обсягу результатів різноманітних досліджень визначення детальної глибинної будови Оболонської площі є надзвичайно складною проблемою, яка ще остаточно не вирішена. Ефективним шляхом розв'язання цієї проблеми, враховуючи значний обсяг проведених тут різних геолого-геофізичних, геохімічних та інших видів пошуково-розвідувальних досліджень, є створення просторової фізико-геологічної моделі площі, узгодженої з усією наявною інформацією. Проаналізовано особливості розподілу геогустинних властивостей різновікових відкладів у межах основних літолого-стратиграфічних комплексів Оболонської астроблеми, що є необхідним елементом параметричного забезпечення подальшого вивчення особливостей геологічної будови даної території.

Ключові слова: густина породи, фізико-геологічна модель

На территории Днепровско-Донецкой впадины на современном этапе развития геологоразведочных работ основные перспективы прироста промышленных запасов углеводородов связывают с выявлением новых типов потенциально нефтегазоносных объектов. Исходя из опыта зарубежных исследователей, одним из таких типов являются тектонические структуры, образовавшиеся при ударе крупных метеоритов – астроблемы или импактные структуры. Во многих случаях они содержат месторождения различных полезных ископаемых, в том числе и углеводородов. На сегодняшний день на территории Украины диагностировано восемь импактных структур. Одной из наиболее перспективных астроблем является Оболонская импактная структура, расположенная в пределах южного борта ДДз (северный склон Украинского кристаллического щита). Несмотря на наличие большого объема результатов различных исследований, определение детального глубинного строения Оболонской площади является чрезвычайно сложной проблемой, которая еще окончательно не решена. Эффективным путем решения этой задачи, учитывая значительный объем проведенных здесь различных геолого-геофизических, геохимических и других видов поисково-разведочных исследований, является создание пространственной физико-геологической модели площади, согласованной со всей имеющейся информацией. Проанализированы особенности распределения геоплотностных свойств разновозрастных отложений в пределах основных литолого-стратиграфических комплексов Оболонской астроблеми, что является необходимым элементом параметрического обеспечения дальнейшего изучения особенностей геологического строения данной территории.

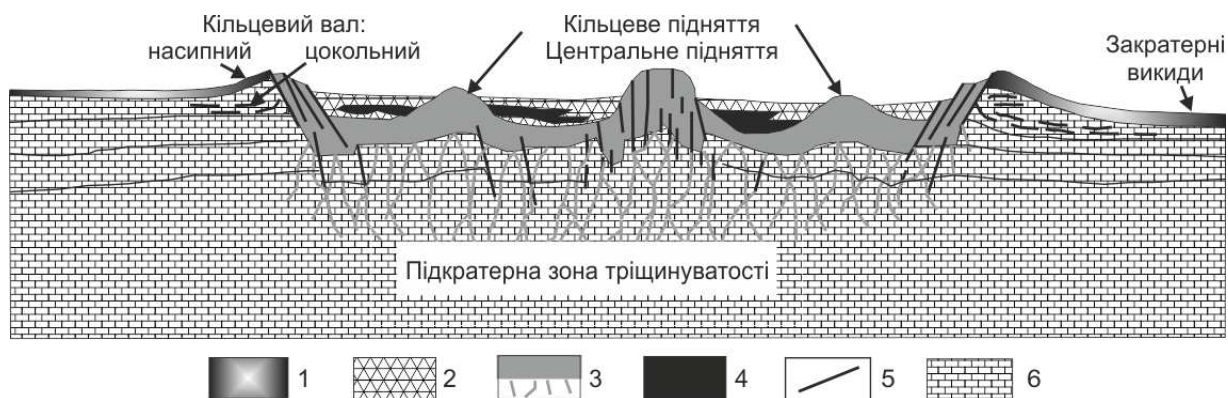
Ключевые слова: плотность породы, физико-геологическая модель.

At the present stage of the geological exploration within the Dnieper-Donets depression, the main prospects for the increasing of oil and gas reserves here are associated with the discovery of a new types of oil and gas traps. Based on the experience of foreign researchers, one of such types of tectonic structures have been formed by the impact of large meteorites - astrobleme or impact structures. In many cases, they contain deposits of various minerals, including hydrocarbons. Today, eight impact structures has been distinguished on the territory of Ukraine. Obolon astrobleme is one of the most promising impact structures. It is located within the southern margin of the Dnieper-Donets depression (northern slope of the Ukrainian crystalline shield). Despite the availability of the huge amount of information from different studies, deep geological structure of the Obolon area is an extremely complex problem which hasn't been completely solved by this time. Taking into account a large amount of the conducted geological and geophysical, geochemical and other exploration works, a creation of spatial physical and geological model of the area being consistent with all available information could be an effective way to solve the problem. The analysis of the geo-density characteristics distribution within the different lithological and stratigraphical units of the Obolon astpobleme has been done, which is an important element of the further parametric study of the deep geological feature on the investigated territory.

Keywords: density of the rocks, physical and geological model.

Постановка проблеми. Підвищення рівня забезпеченості України паливно-енергетичними ресурсами на сьогодні пов'язано насамперед із

виявленням в умовах Дніпровсько-Донецької западини (ДДз) нових типів потенційно нафтогазоносних об'єктів. Виходячи з досвіду за-



1 – алогенні брекчії закратерних викидів; 2 – тіж породи всередині астроблеми; 3 – аутигенні брекчії; 4 – розплавлені імпакти; 5 – розривні порушення; 6 – породи мішені

Рисунок 1 – Загальна схема будови метеоритних кратерів (астроблем)

кордонних дослідників, одним з таких типів є тектонічні структури, що утворилися при ударі великих метеоритів – астроблеми або імпакті структури. У багатьох випадках вони містять родовища різноманітних корисних копалин, у тому числі й вуглеводнів (ВВ). Так, промислова нафтогазоносність встановлена у десяти із двадцяти імпактічних структур, розташованих у межах нафтогазоносних областей на Північно-Американському континенті: це – Вьюфілд, Еймс, Ред Уинг Лемонт (США), Ньюпорт, Авак та ін., а також кратер Босумтви у Гані [1, 2].

На сьогодні на території України діагностовано вісім імпактічних структур. Однією з найбільш перспективних астроблем є Оболонська імпактічна структура, розташована в межах південного борту ДДз (північний схил Українського кристалічного щита) на територіях, мало-перспективних у нафтогазоносному відношенні щодо порід осадового чохла. У той же час більшістю фахівців (виходячи з абіогенної теорії походження ВВ і прикладів знаходження їх родовищ у ряді астроблем світу) Оболонська астроблема розглядається як високоперспективний у нафтогазоносному відношенні об'єкт [3, 4, 5].

Аналіз досліджень по темі. У зв'язку з перспективами виявлення в межах Оболонської астроблеми родовищ ВВ і горючих сланців, а також деяких інших корисних копалин на даній території протягом багатьох років проводилися геологічні, геофізичні, геохімічні та інші види пошуково-розвідувальних досліджень.

Слід зауважити, що попри наявність значної кількості результатів різноманітних досліджень визначення детальної глибинної будови Оболонської площі є надзвичайно складною проблемою, яка ще остаточно не вирішена. Це пов'язано з тим, що імпактічні кратери відносяться до особливих геологічних утворень, які за своєю внутрішньою будовою і характером залягання у них порід відрізняються від звичайних об'єктів тектонічного, ерозійного, вулканічного та іншого походження. Пошуки родовищ ВВ у імпактічних структурах є складною проблемою, насамперед через унікальність будови розрізу

площі та відповідно через відсутність чіткого визначення типів очікуваних пасток. Більшість із них, ймовірно, близькі до літологічного типу, причому петрофізичні (колекторські) властивості порід залежать як від складу та структури відкладів мішені, так і від характеру та інтенсивності метеоритного удару.

Можливість успішного дослідження Оболонської астроблеми обумовлена накопиченим на сьогоднішній день значним об'ємом різноманітної геолого-геофізичної та геохімічної інформації, яка може бути раціонально використана для побудови єдиної просторової фізико-геологічної моделі Оболонської площі. Такий підхід зумовлює необхідність інтеграції та узгодження різноманітної інформації у параметрах єдиної моделі.

В останні роки для вирішення подібних завдань в умовах розрізів різного типу добре зарекомендувала себе вітчизняна «Технологія інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних для пошуків і розвідки родовищ нафти й газу», заснована на «Автоматизованій системі кількісної комплексної інтерпретації геолого-геофізичних даних GCIS» [6]. Згідно означеної технології, створення геолого-геофізичної моделі повинно ґрунтуватися на достовірних і узгоджених відомостях про характер поведінки тих фізичних властивостей порід в межах території досліджень, які слугують основними параметрами створюваної моделі. В першу чергу, це дані про густинні властивості геологічного розрізу.

Мета статті. Дослідження та аналіз результатів вивчення геогустинного розрізу Оболонської площі.

Викладення основного матеріалу. Необхідність спеціальних досліджень для вирішення даної проблеми пов'язана, в першу чергу, з унікальністю будови Оболонської астроблеми, що обумовлено її ударно-метеоритним походженням. Відомо, що у будові імпактічних структур виділяються основні структурно-літологічні комплекси (рис. 1): породи мішені, коптоген-

ний комплекс, заповнюючий комплекс, перекриваючий комплекс і закратерні відклади [7].

У геологічній будові Оболонської структури приймають участь утворення протерозойської, палеозойської, мезозойської та кайнозойської ератем. Зведений стратиграфічний опис району робіт складений за даними розрізів свердловин 5301 і 5302, пробурених в межах Оболонської структури, свердловин 467 і 484 на південний схід і схід від кратеру, свердловин 36/3 та 9/P-1, розташованих відповідно на південний захід та захід від структури, а також свердловин 75, 231 і 232 Білоцерківської площі, розташованих на північний схід від структури. Дослідження Оболонської западини як імпаکتної структури були виконані за даними вивчення керну з пробурених свердловин №№ 5301 і 5302, у породах яких встановлено характерні ознаки ударного метаморфізму. При діагностуванні структури як древнього метеоритного кратеру найбільшу увагу приділяли розшифруванню імпаکتної природи склуватих порід основи і, в першу чергу, ознакам ударного метаморфізму мінералів. Осадове заповнення лійки з точки зору її імпаکتної природи практично не вивчалось. В свердловинах №№ 5301 і 5302 були виконані чисельні біостратиграфічні визначення віку порід. За даними проведених досліджень Оболонська імпактна структура утворилась в підводних умовах внаслідок метеоритного удару до двошарової мішені з осадових порід байоського ярусу середньої юри, тріасу та середнього карбону і порід кристалічного фундаменту. В рельєфі поверхні фундаменту – це локальна западина (кратер) ізометричної форми діаметром близько 18 км. Потужність осадового чохла в її межах сягає 1.0-1.1 км, тоді як в бортових частинах становить 500-600 м. Западина оточена валом, утвореним задерними пластами порід мішені (тріасові та башкирські відклади і кристалічні породи фундаменту), що перекриті викинутими із кратера уламками порід і відкладами цунами. Дно кратера виповнено роздрібленими і зміненими процесами ударного метаморфізму породами мішені, які представлені уламковими, глибовими і зювітовими брекчіями. Під брекчіями залягають тріщинуваті розуцільнені породи фундаменту, потужність яких оцінюється до 2.0-3.5 км.

Структурна будова Оболонської структури детально вивчена сейсморозвідкою 3D [8]. За її даними визначена морфологія поверхонь на різних стратиграфічних рівнях осадового чохла, до яких приурочені сейсмічні горизонти відбиття, закартована складнобудована мережа близьких до концентричних тектонічних порушень. Враховуючи результати аналізу літологічного складу порід та результати інтерпретації сейсмічних даних, у структурній будові Оболонської астроблеми виділено такі структурно-літологічні комплекси:

VII (PR) – верхня частина кристалічного фундаменту – покрівля порід мішені;

Vb₂ (C₂b) – покрівля відкладів башкирського ярусу середнього карбону;

П_{в-п} (J₂bs) – поверхня відкладів коптогенного комплексу;

Пв₁ (J₂bt) – нижня частина відкладів батського ярусу середньої юри та

Пб (J₃oxf) – нижня частина відкладів оксфордського ярусу верхньої юри; ці відклади обмежують породи заповнюючого комплексу.

Перекриваючий комплекс формують вище-залягаючі відклади, стратифіковані за даними літологічного розчленування свердловин 5301 та 5302 як породи нижньої та верхньої крейди K₁ та K₂; палеогенового віку Pg, антропогенно-неогенового віку Q+N.

Для формування фізико-геологічної моделі площі досліджень необхідно виконати оцінку густин основних літолого-стратиграфічних комплексів Оболонської астроблеми: порід фундаменту, коптогенного, заповнюючого та перекриваючого комплексів.

Фундамент. Будова і склад кристалічного фундаменту на площі робіт вивчені за даними поодиноких свердловин, в тому числі свердловинами 5301 та 5302 у межах кратеру, свердловиною 36/3 на південний захід і свердловиною 9/P на північ від нього, а також свердловинами 75, 231, 232 Білоцерківської площі. Згідно з класифікацією В.А. Колосовської [9] породи кристалічного фундаменту представлені метаморфічними утвореннями інгулецької серії та ультраметагенними гранітоїдами кіровоградського комплексу раннього протерозою. У їх складі переважають біотитові гнейси та гранітогнейси. Біотитові та гранат-біотитові граніти і мігматити, а також пегматоїдні та лейкократові граніти і кристалічні сланці у складі фундаменту мають підлегле поширення. У свердловині 5301 в інтервалі 823,7-836,7 м (вибій) розкриті сірі, рожево-сірі гранатові двопольово-шпатові гранітоїди. За фондовими даними [10, 11] ці комплекси порід характеризуються такими фізичними властивостями.

В межах безпосередньо Оболонської імпаکتної структури докембрійські кристалічні породи у верхній частині розрізу перетворені при ударі метеорита на уламкові, глибові і зювітові брекчії. Так, брекчії, розкриті свердловинами 5301 і 5302, складаються із уламків і глиб гнейсів, гранітогнейсів і гранітів. В цих породах повсюдно присутні прояви ударного метаморфізму, в тому числі конуси руйнування у глибах гнейсів і гранітів. Зювітові брекчії завершують розріз утворень імпаکتного комплексу у кратері. Вони вміщують до 15-20% скла плавлення, уламки гнейсів і гранітів.

Рядом досліджень у межах південного борту ДДз за аналогією із брекчійованими породами у зонах розривних порушень встановлено, що в порівнянні із непорушеними утвореннями густинні властивості останніх, у більшості випадків суттєво знижуються. Так, середня густина тектонічних брекчій по плагіогранітах становить 2.58 г/м³ за густини вихідних порід 2.69-2.72 г/м³, по гнейсах – 2.64 г/см³ (2.71-2.73 г/см³), тобто знижується мінімум на 3-5% (рис. 2).

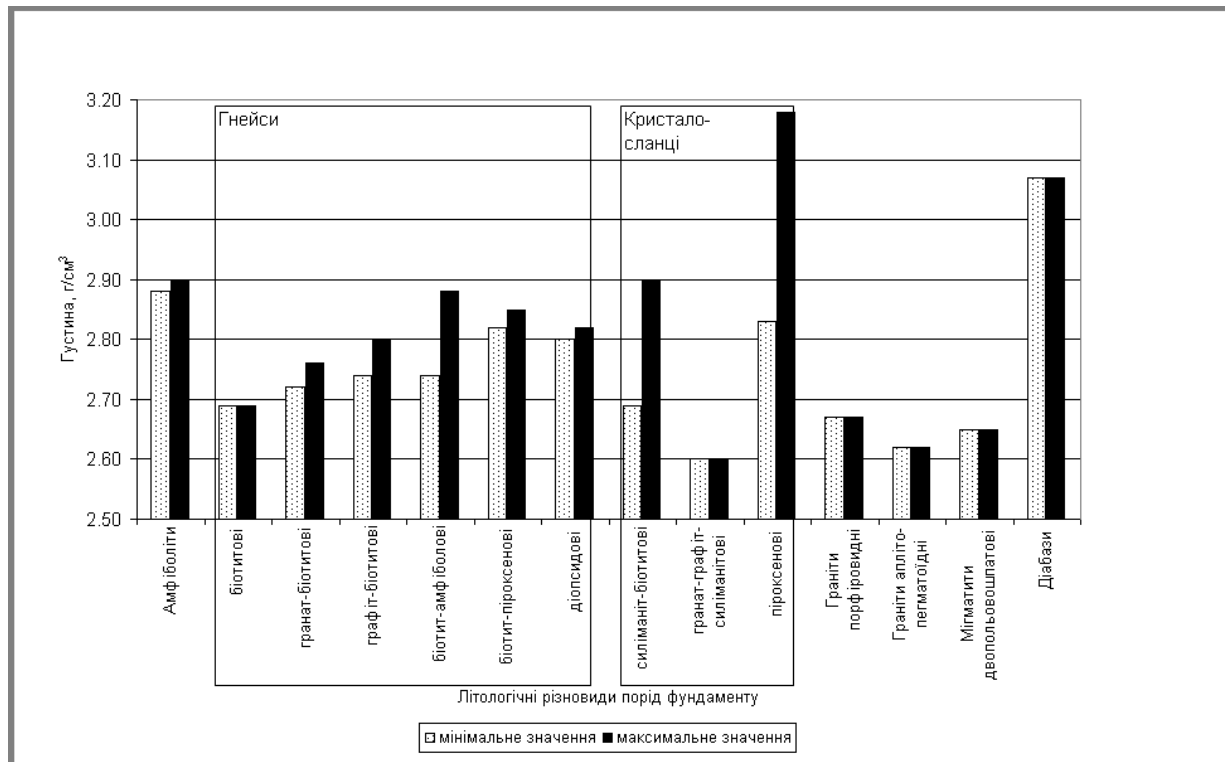


Рисунок 2 – Геогустинна характеристика порід фундаменту

Осадочний чохол. Геогустинні властивості порід осадового чохла і, відповідно, його геогустинний розріз безпосередньо у районі Оболонської площі досі не вивчені. Ці характеристики можливо оцінити тільки за залежностями між середньозваженою густиною стратиграфічних комплексів, їх глибиною залягання та потужністю, які встановлені для території південного борту ДДЗ, а також на основі даних вивчених геогустинних розрізів окремих площ південного борту з потужністю осадового чохла 0.5-1.0 км.

Зокрема для характеристики порід осадової товщі використано результати вимірювання густин по свердловинах Білоцерківської та Березівської площ. По свердловинах 231 та 232 Білоцерківської площі густину визначали за даними каротажу свердловин та за зразками керну. З урахування глибинного положення основних стратиграфічних горизонтів було визначено значення густин їх покривлі за даними каротажу та аналізу керну. Зіставлення отриманих значень свідчить про їх незначну відмінність та правомірність оцінки густин стратиграфічних комплексів як середніх значень із вимірних за каротажем та керном. Так, максимальне відхилення густини для свердловини 231 складає 0.06 г/см^3 для відкладів палеогену P_g, що становить 2.57% відносно їх середнього значення (рис. 3). По свердловині 232 максимальне відхилення густини складає 0.05 г/см^3 для відкладів верхньої юри J₂, що становить 2.4% відносно їх середнього значення (рис. 4).

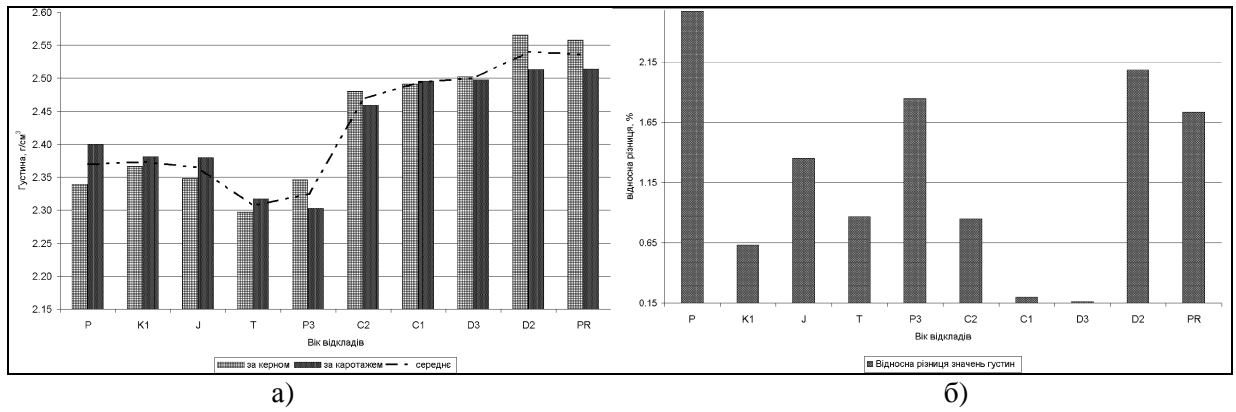
На основі цих даних узагальнено значення густин по всіх стратиграфічних комплексах, які складають розрізи даних свердловин (рис. 5).

Аналіз наведених даних свідчить про значну відмінність значень густин, що визначалися по Білоцерківській та Березівській площах. Це обумовлено, в першу, чергу тим фактом, що Білоцерківська площа віддалена порівняно з Березівською на більшу відстань від площі дослідження на північний схід у бік Дніпровсько-Донецької западини, де у цьому напрямку спостерігається збільшення товщини осадових відкладів у зв'язку з нахилом поверхні Українського щита.

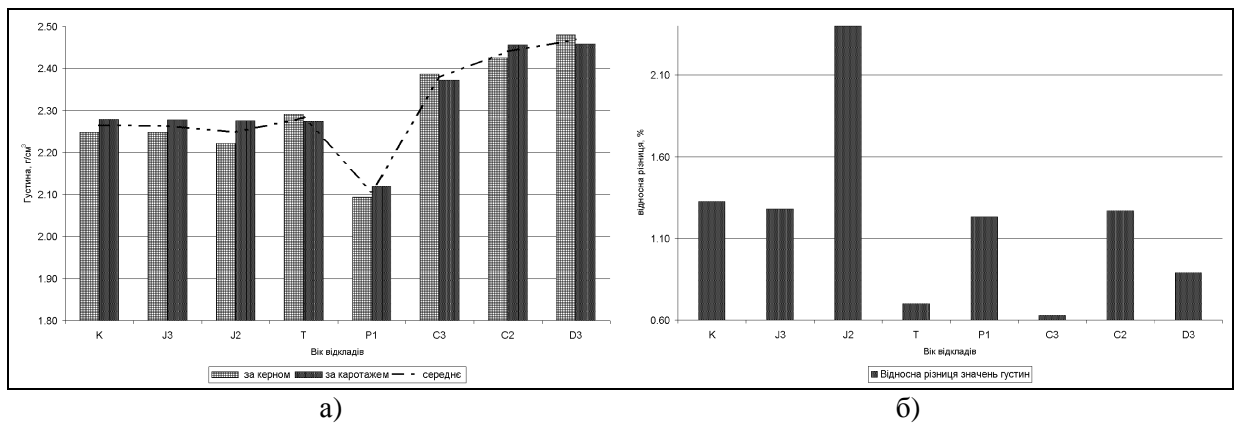
Закратерні утворення. Поблизу Оболонської структури на поверхні тріасових відкладів залягають кратерні утворення, представлені брекчіями балістичних викидів і відкладами цунами. Брекчії викидів складаються із уламків кристалічних порід з домішками скла і уламків осадових порід. У межах Оболонського кратера ці утворення в перевідкладеному вигляді залягають на поверхні брекчій осадових порід заповнюючого комплексу. Так, у свердловині 5302 брили брекчійованих гранат-піроксен-біотитових гнейсів і гранітоїдів розкриті в інтервалі 754-783 м. У свердловині 5301 брекчія з уламків кристалічних порід розкрита в інтервалі 610-619 м.

У свердловині 234 Березівської площі дані про густини визначалися на основі результатів вертикального сейсмічного профілювання. Необхідність аналізу саме цих даних обумовлена більш детальною (порівняно із наявною по вищезгаданих свердловинах) стратиграфічною розбивкою геологічного розрізу осадової товщі саме у тій її частині, яка відповідає границям, визначеним безпосередньо по площі Оболонської астроблеми, зокрема відкладам перекрива-

ючого та заповнюючого комплексів. Результати оцінки значень густин по відкладах даної свердловини наведені на рис. 6.



а) густина стратиграфічних комплексів за даними обробки зразків керну та результатів каротажу, б) відносна різниця значень густин стратиграфічних комплексів за різними методами
Рисунок 3 – Геогустинні властивості порід за даними свердловини 231-Білоцерківська



а) густина стратиграфічних комплексів за даними обробки зразків керну та результатів каротажу, б) відносна різниця значень густин стратиграфічних комплексів за різними методами
Рисунок 4 – Геогустинні властивості порід за даними свердловини 232-Білоцерківська

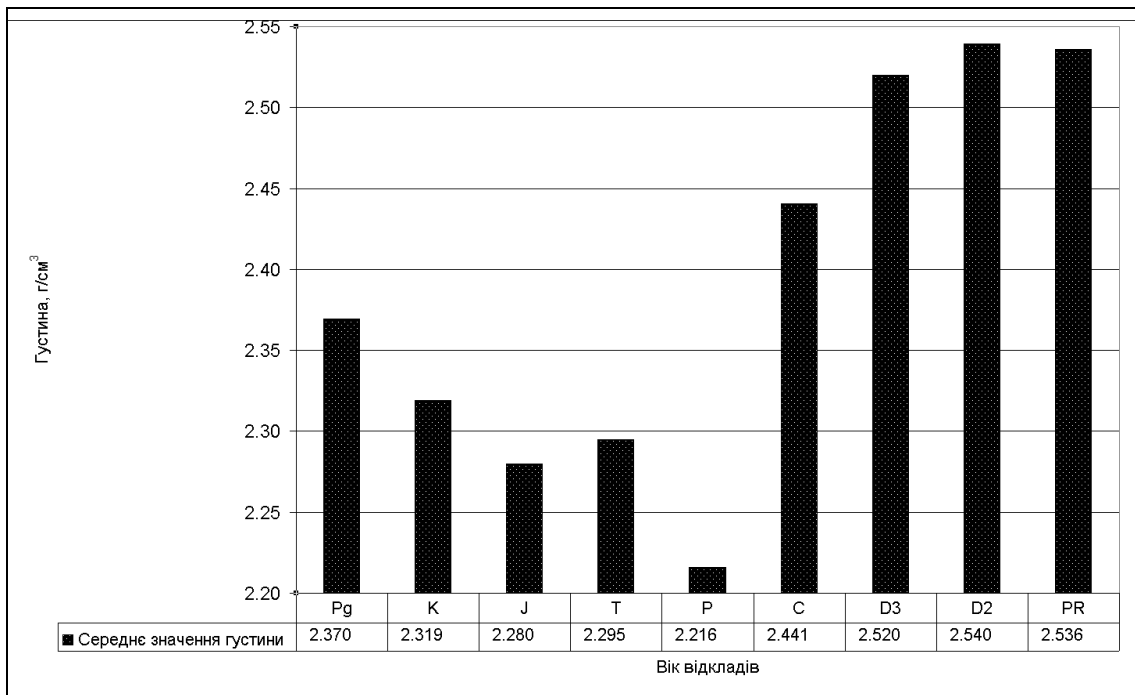


Рисунок 5 – Узагальнена густина порід осадового комплексу за даними свердловин 231 та 232 Білоцерківської площі

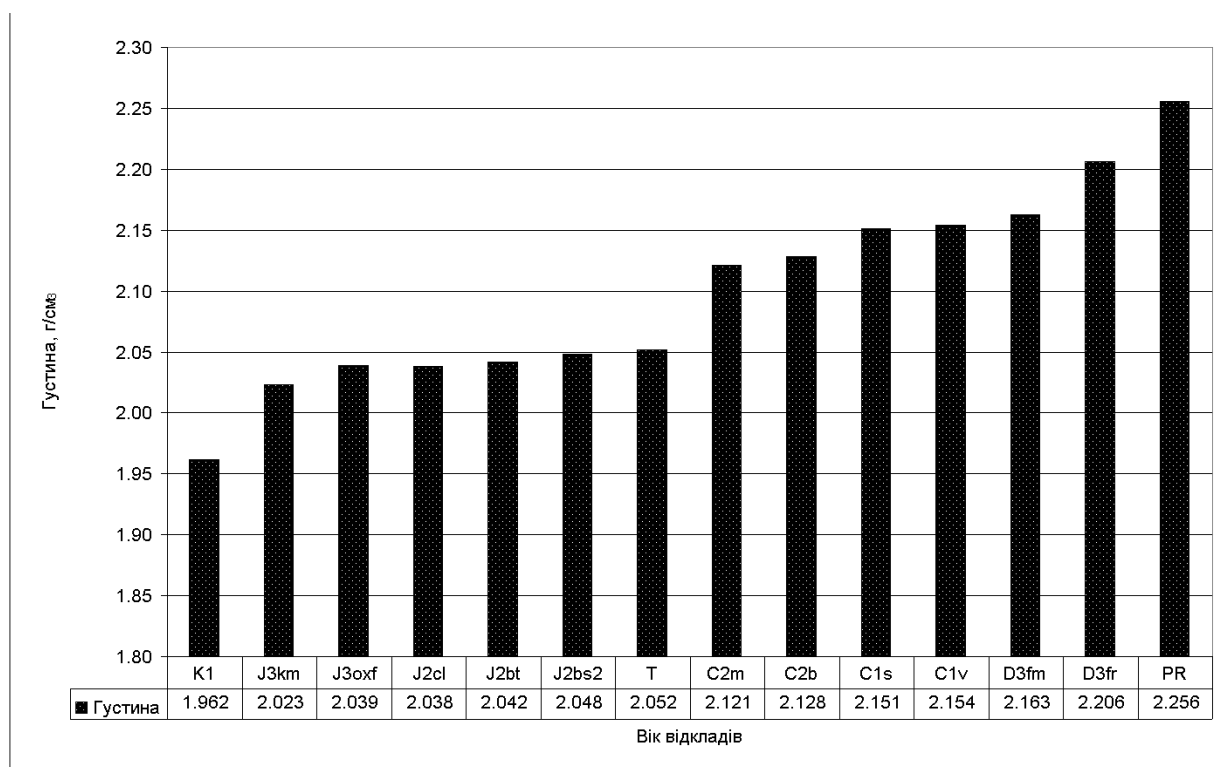


Рисунок 6 – Геогустинні властивості порід за даними свердловини 234-Березівська

Для оцінки розподілу густин безпосередньо у межах Оболонської астроблеми використано результати інтерпретації даних стандартного електричного комплексу ГДС: кривих електричного опору градієнт- і потенціал зондів, а також кривої самочинної поляризації (ПС), виміряні по свердловинах 5301 та 5302. Зважаючи на наявність прямого функціонального зв'язку між пористістю та густиною відкладів, для оцінки фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід, що складають розріз Оболонської площі, використано параметр $\alpha_{ПС}$. Кореляційні зв'язки між $\alpha_{ПС}$ і коефіцієнтом пористості (K_p) вивчалися за даними ГДС і керну по свердловині 232 Білоцерківської площі [8]. На основі отриманої залежності були розраховані криві пористості по свердловинах 5301 і 5302 Оболонської структури. Також було досліджено кореляційні зв'язки між коефіцієнтом пористості (K_p) і інтервальним часом пробігу пружних хвиль (ΔT), коефіцієнтом пористості і густиною гірських порід (σ) для розрахунку відповідних кривих ГДС. В результаті було отримано кореляційне співвідношення між густиною σ та коефіцієнтом пористості K_p (рис. 7, 8)

$$\sigma = 2.735 - 0.0187 K_p,$$

за яким нами були розраховані густинні характеристики відкладів Оболонської площі.

Зіставлення результатів по Оболонських свердловинах дає підстави для наступних висновків:

1) значення густин фундаменту по свердловині 5302 вищі, ніж по свердловині 5301, тобто ця густина знижена за рахунок перетворення порід фундаменту;

2) значення густин фундаменту по свердловині 5302 нижчі за значення, що характеризують відклади фундаменту за фондовими даними;

3) найбільша різниця між густинами по цих свердловинах спостерігається по відкладах J_2bt_2 – поверхні коптогенного комплексу, що цілком відповідає особливостям його метеоритного утворення, підтверджуючи той факт, що породи цього комплексу є унікальними за своїми фізичними властивостями, які спорадично змінюються навіть на відстані між даними свердловинами (близько 3 км).

Висновки. Проведені дослідження дали змогу оцінити середні значення та діапазони зміни густин у межах основних структурно-літологічних комплексів. Отримані дані узагальнені у вигляді зведеного геогустинного розрізу Оболонської площі (рис. 9).

Як свідчить наведений аналіз особливостей поведінки геогустинних властивостей порід, у Оболонській астроблемі простежується суттєва диференціація густини як за площею, так і за розрізом. Отримані кількісні оцінки залежності густини порід від віку, літології та глибини є надійним підґрунтям для об'єктивного створення адекватної геогустинної моделі глибинної будови Оболонської площі.

Література

1 Dijnfrio R.R. Impact craters: implications for basement hydrocarbon production / R.R. Dijnfrio // Petrol. Geol. Journal. – 1981. – Vol. 3. No. 3. – P. 279-302.

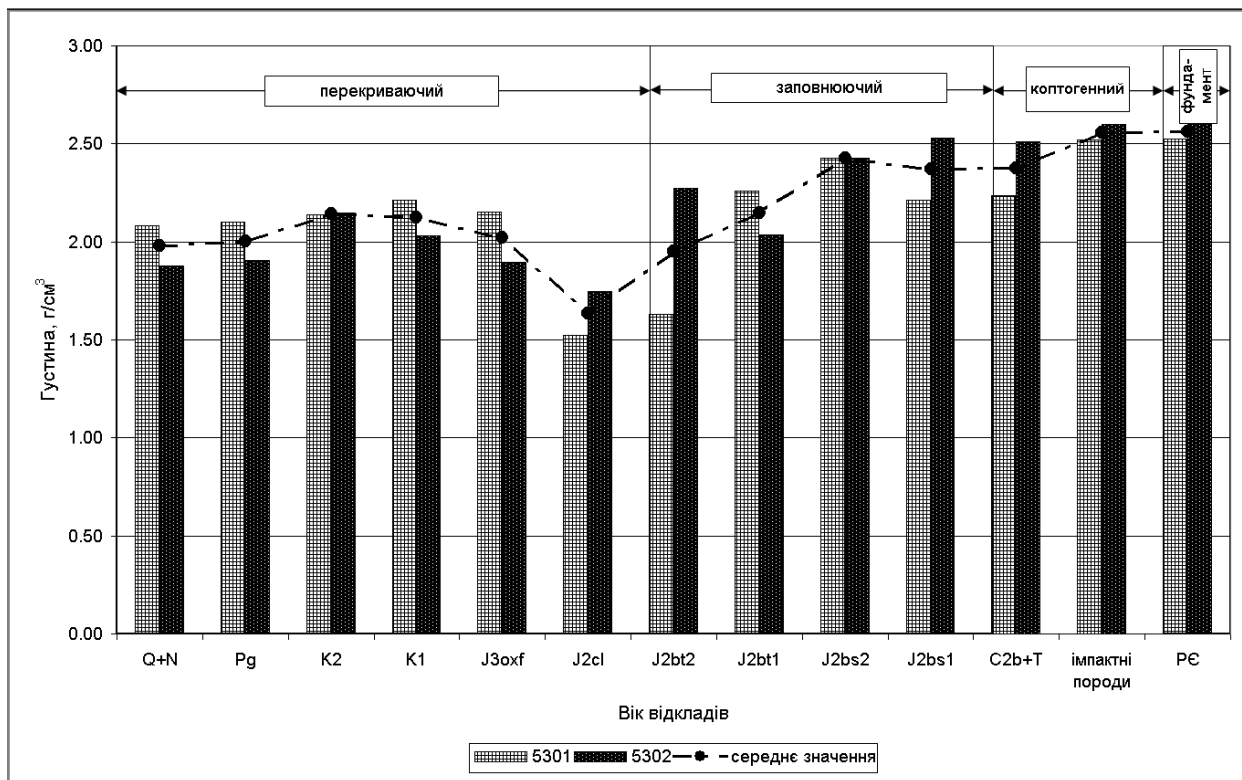


Рисунок 7 – Густинні характеристики літолого-стратиграфічних комплексів Оболонської астроблеми за результатами обробки даних ГДС свердловин 5301 та 5302

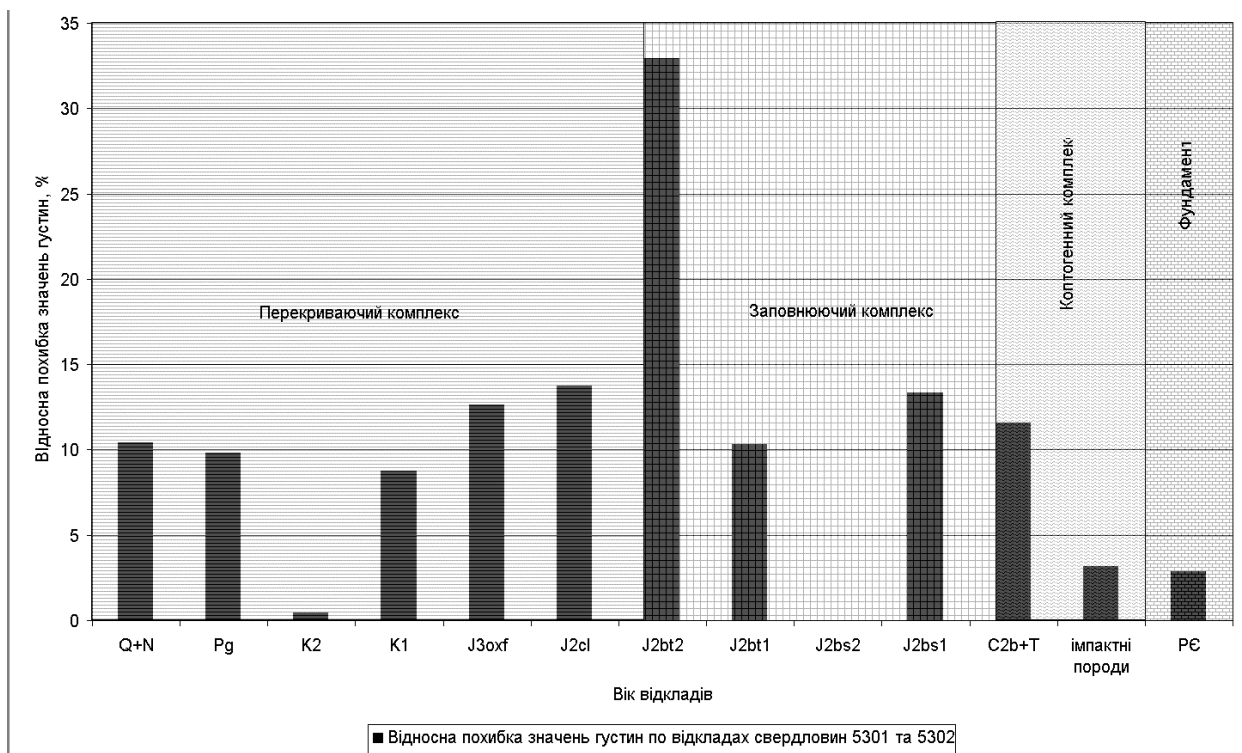
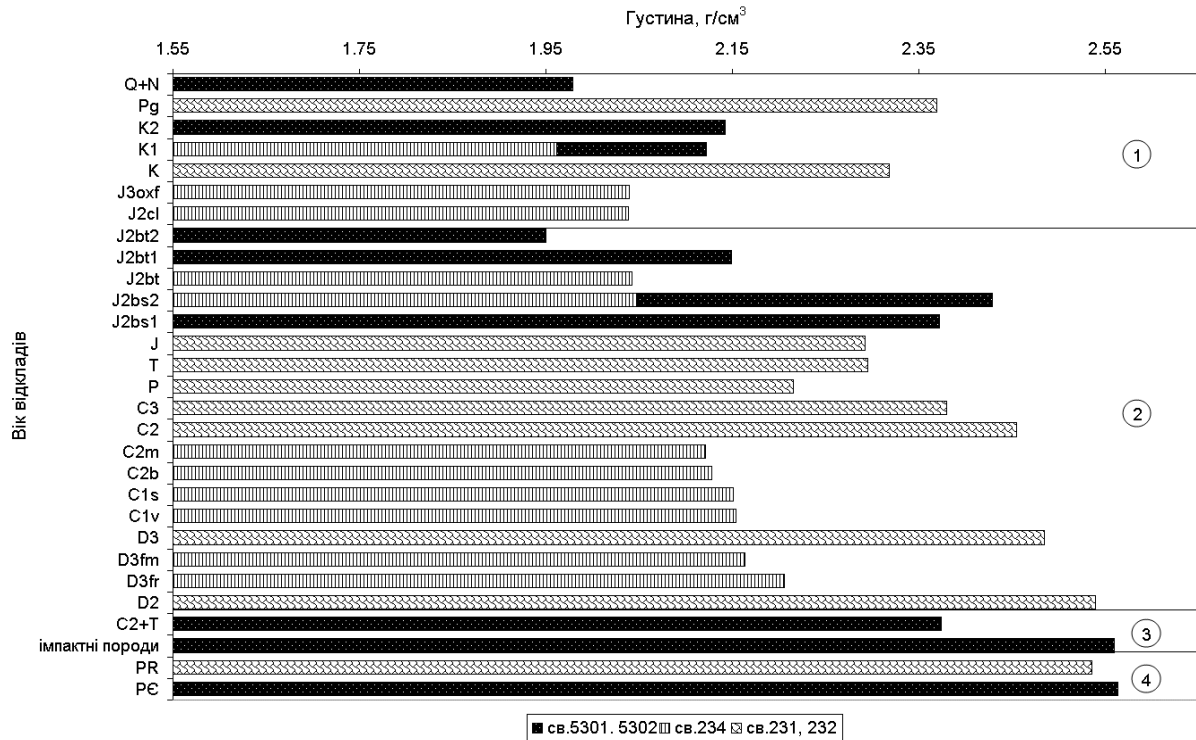


Рисунок 8 – Відносна похибки значень густин за даними свердловин 5301 та 5302 по основних літолого-стратиграфічних комплексах Оболонської астроблеми



1 – перекриваючий комплекс; 2 – заповнюючий комплекс;
3 – коптогенний комплекс; 4 – відклади фундаменту

Рисунок 9 – Узагальнений геогустинний розріз Оболонської астроблеми

2 Grieve R.A.F. Terrestrial impact structures / R.F.F. Grieve // Ann.Rev.Earth Planet.Sci. – 1987 - Vol.15, P. 245-270.

3 Гуров Е.П. Нефтегазоносные импактные структуры / Е.П. Гуров, Д.С. Гурский, Е.П. Гурова // Мінер. ресурси України. – 2000. – №2. – С.6-11.

4 Краюшкин В. А. Неорганическое происхождение нефти: от геологической к физической теории / В.А. Краюшкин, В.Г. Кучеров, П.Ф. Гожик [и др.] // Геол. журн. – 2005. – №2. – С. 35-43.

5 Гуров Е.П. Заполняющий комплекс и кратерные отложения Оболонской импактной структуры / Е.П. Гуров, Е.П. Гурова [и др.] // Геол. журнал. – 2007. – №4. – С.48-59.

6 Петровский А.П. Математические модели и информационные технологии интегральной интерпретации комплекса геолого-геофизических данных (на примере нефтегазопысковых задач): дис. доктора физ.-мат. наук: 04.00.22 / Петровский Александр Павлович. – Ивано-Франковск, 2004. – 367 с.

7 Фельдман В.И. Астроблемы – звездные раны Земли / В.И. Фельдман // Соросовский Образовательный Журнал. – 1999. – №9. – С.67-74.

8 Колосовська В.А. Розробка геолого-геофізичних критеріїв визначення перспективних у нафтогазоносному відношенні структур кристалічного фундаменту Північного та Південного борту ДДЗ / В.А. Колосовська : Звіт по темі за 1993-1997 рр. – Київ, 1997. – Фонди СУГРЕ.

9 Звіт про виконані сейсмозвідувальні роботи на Оболонській площі за технологією 3D / Г.Г. Маркова, М.М. Здоровенко, М.П. Фурманчук [та ін.]. – Київ, 2011. – Фонди НАК «Нафтогаз України».

10 Пигулевский П.И. Результаты составления геолого-структурной карты докембрийских образований юго-восточной части Украинского щита / П.И. Пигулевский, Б.З. Березин, В.М. Кичурчак. – К.: Геоинформ, 1999. – 198 с.

11 Шемет В.Г. Результаты комплексных геофизических исследований в межах Південного борту ДДЗ на ділянці Білоцерківка-Левенцівка (2004-2008; титул 223/04) / В.Г. Шемет, В.В. Омельченко. – Дніпропетровськ, 2008. – Фонди ДГЕ «Дніпрогеофізика».

Стаття надійшла до редакційної колегії

02.10.12

Рекомендована до друку професором

О.П. Петровським