

Е. П. Гуров, П. Ф. Гожик, В. В. Гладун, И. Д. Багрий

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОЛОНСКОГО КРАТЕРА НА УКРАИНСКОМ ЩИТЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ИМПАКТНОЙ СТРУКТУРЫ ЭЙМС НА КАНАДСКОМ ЩИТЕ

Порівняльна характеристика Оболонської імпаکتної структури на північно-східному схилі Українського щита та вміщуючої промислові поклади вуглеводнів імпаکتної структури Еймс у нафтогазоносному басейні Анадарко на Канадському щиті виявляє схожість як у їх будові, так і у складі мішеней. Значна схожість Оболонського кратера з імпактними структурами Еймс, Авак та деякими іншими нафтогазоносними кратерами дозволяє розглядати його як перспективний об'єкт на пошуки покладів нафти та газу.

The comparative characteristic of the Obolon impact structure at the NE slope of the Ukrainian Shield and the hydrocarbon-producing impact crater Ames in Anadarko Basin at the Canadian Shield discovers similarity in their structures and composition of the targets. The obvious similarity of the Obolon crater with the Ames, Avak and some others hydrocarbon-producing impact structures enables to consider it as a promising object for prospecting of oil and gas deposits in it.

Импактное кратерообразование является важнейшим процессом взаимодействия поверхности Земли с космическим веществом. К настоящему времени на всей земной поверхности установлено 180 импактных структур, и число их ежегодно увеличивается. Диаметр кратеров и астроблем изменяется в широких пределах – от десятков метров (кратеры Стерлитамакский, Далгаранга и др.) до первых сотен километров (импактные структуры Вредефорт, Садбери, Чиксулуб). Время образования установленных импактных структур составляет от 2 млрд лет (Вредефорт) до современного (Стерлитамакский кратер образован в мае 1990 г.).

Образованные в разных геологических условиях многие кратеры и астроблемы содержат месторождения различных видов полезных ископаемых – от рудных с уникальными запасами никеля и меди до промышленных залежей углеводородов (УВ). По данным обзорных работ [15, 22], в 25% достоверных импактных структур содержатся месторождения и проявления различных видов полезных ископаемых и 12% структур в настоящее время служат объектом промышленного использования. Одним из важнейших видов месторождений полезных ископаемых в кратерах и астроблемах являются промышленные залежи УВ.

В настоящее время все известные нефтегазоносные кратеры расположены на Се-

веро-Американском континенте, где промышленная добыча производится из девяти достоверных и двух вероятных импактных структур. Все импактные структуры с промышленными залежами УВ расположены в пределах нефтегазоносных бассейнов или областей, в том числе структура Эймс в бассейне Анадарко, кратеры Ред Винг и Ньюпорт в бассейне Уиллстон, Келвин в Мичиганском бассейне и т. д. В связи с этим все импактные структуры, расположенные в нефтегазоносных бассейнах, рассматриваются как потенциальные месторождения УВ и разведываются на этот вид полезных ископаемых [12, 14]. В Австралии кратер Госсес Блаф диаметром 24 км в бассейне Амадеус и импактная структура Тукунука диаметром 55 км в бассейне Эроманга являются объектами поисков в них промышленных залежей УВ [22, 23].

В Украине известны семь импактных структур, шесть из которых расположены в центральных районах Украинского щита (УЩ). Исключением является Оболонская структура, которая находится на северо-восточном склоне щита в области его погружения в Днепровско-Донецкую впадину (ДДВ). Расположение кратера в пограничном районе с нефтегазоносной областью и наличие здесь мощной толщи платформенных отложений позволяют рассматривать его как вероятную нефтегазоносную структуру. Сравнительное изучение Оболонской структуры и некоторых нефтегазо-

носных кратеров Северной Америки показывает близость их строения и свидетельствует о вероятности обнаружения в ней залежей УВ [4, 6, 7].

Оболонская импактная структура расположена в бассейне нижнего течения р. Сула на левобережье р. Днепр. Соответствующая Оболонской структуре депрессия в поверхности кристаллических пород основания установлена по геофизическим данным М. В. Чирвинской в 1947 г. [9]. При изучении керна двух скважин, пробуренных в этой структуре под руководством В. И. Ванденко в 1965–1966 гг., в составе брекчий кристаллических пород были обнаружены характерные признаки ударного метаморфизма, которые позволили диагностировать ее как достоверную импактную структуру [1, 8]. В настоящее время ударно-метеоритное происхождение Оболонской структуры является общепризнанным, и она включена во все опубликованные списки импактных структур на поверхности Земли [13, 22, и др.].

Оболонская структура расположена в районе погружения поверхности кристаллического фундамента УЩ в сторону ДДВ под толщу осадочных пород мезокайнозоя, общая мощность которых в исследуемом районе составляет около 500–600 м.

По данным геофизических исследований В. А. Гальченко и В. Д. Кукурузы (1992 г.), а также других исследований [2], Оболонской структуре соответствует изометрическая в плане отрицательная гравитационная аномалия интенсивностью  $-10$  мГал (рис. 1). В ее центральной части наблюдается относительное повышение интенсивности поля до  $-4$  мГал. Система дугообразных положительных аномалий интенсивностью до  $+8$  мГал в виде неправильного кольца окружает импактную структуру. В связи с более высокой плотностью кристаллических пород основания относительно осадочных пород перекрывающего комплекса строение гравитационной аномалии отражает рельеф поверхности сложенного гранитогнейсами

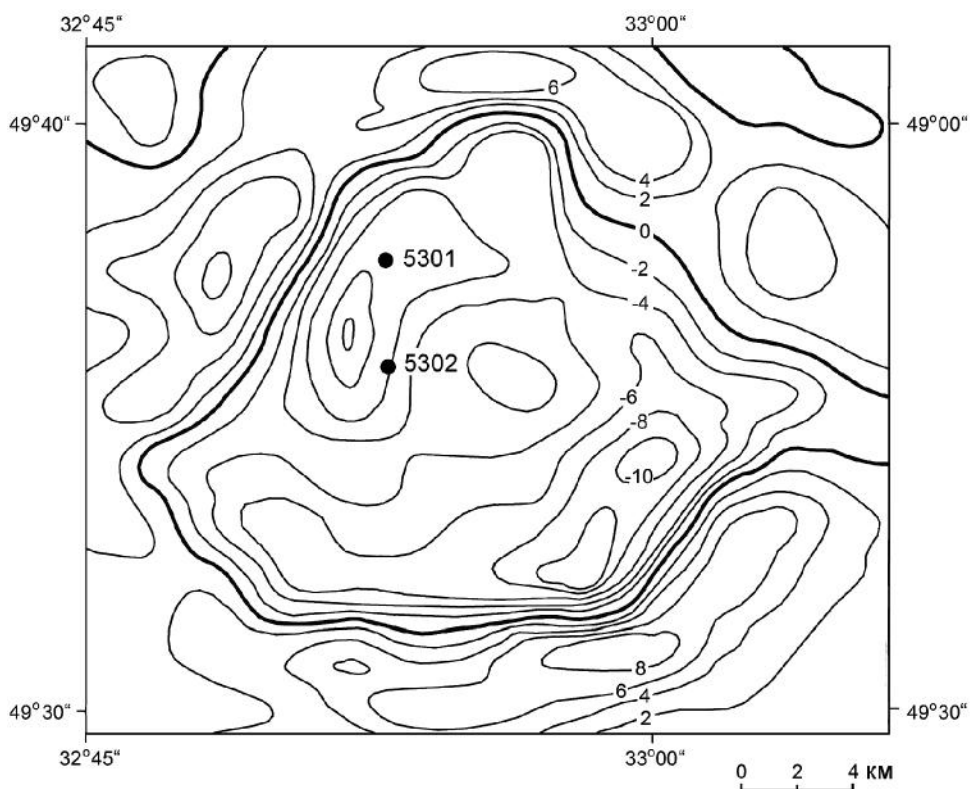


Рис. 1. Остаточная гравитационная аномалия Оболонской импактной структуры по данным В. А. Гальченко и В. Д. Кукурузы (с изменениями). Залитые кружки показывают положение скважин и их номера

истинного дна кратера. При этом слабый положительный максимум в центре структуры соответствует положению центрального поднятия кратера, наиболее низкие значения вокруг него отражают положение кольцевого трога, а дугообразные максимумы гравитационного поля, окружающие отрицательную аномалию, соответствуют структурному поднятию пород кристаллического основания на валу кратера. По параметрам аномалии диаметр кратера по валу равен около 18 км [5, 16].

Оболонская импактная структура образована в породах кристаллического фундамента и перекрывающих отложениях карбона и нижнего триаса суммарной мощностью около 300 м. Породы кристаллического основания представлены протерозойским гранитоидным комплексом, вскрытым в кратере в скв. 5301 в интервале от забоя на 837 м до 823 м под толщей брекчий. В скв. 5302, расположенной на расстоянии 4 км от центра кратера, кристаллические породы в коренном залегании не достигнуты. Здесь от забоя на 1033 м до глубины 963 м вскрыта толща аллогенных брекчий и залегающих на их поверхности зювитов. Эти породы содержат многочисленные признаки ударного метаморфизма, в том числе планарные элементы в кварце и полевых шпатах. В их составе обнаружены импактные алмазы и коэсит [17, 18].

Существовавшие до ударного события в этом районе отложения карбона и нижнего триаса внутри кратера не сохранились, но являются важнейшими компонентами брекчий заполняющего комплекса мощностью более 200 м.

Оболонская структура образована в условиях мелководного морского бассейна, о чем свидетельствуют особенности состава и строения ее заполняющего комплекса, а также характер кратерных отложений, представленных брекчиями, конгломератобрекчиями, подводно-оползневыми образованиями и песчаниками [5, 16].

Комплекс перекрывающих мезокайнозойских отложений имеет мощность около 300 м за пределами кратерной воронки и увеличивается до 600–700 м в пределах импактной структуры. В его основании на поверхности импактных брекчий залегают глины байосского и батского возраста средней юры, мощность которых в кратере в скв.

5301 составляет 330 м, увеличиваясь в скв. 5302 до 458 м. За пределами импактной структуры мощность байос-батских осадков, залегающих на поверхности выбросов и отложений цунами, понижается до 90–100 м. Разрез осадочных отложений перекрывающего комплекса завершают песчаники, пески и мергели палеогена и рыхлые четвертичные осадки.

По геологическим данным возраст Оболонской структуры является послераннетриасовым – досреднеюрским. По данным калий-аргонового метода ее возраст равен  $(169 \pm 7)$  млн лет, что соответствует байосскому времени [5].

Оболонская структура характеризуется хорошей сохранностью. Внутри кратера полностью сохранились не только породы импактного и заполняющего комплексов, но и байос-батские отложения перекрывающего комплекса. Окружающие структуру дугообразные положительные аномалии гравитационного поля свидетельствуют о сохранности ее коренного вала.

Наиболее близкой к Оболонской структуре по строению и некоторым параметрам является нефтегазоносная импактная структура Эймс в Оклахоме (см. таблицу) [10, 11, 12, 20, и др.].

Импактная структура Эймс диаметром 14 км расположена в южной части Канадского щита в нефтегазоносном бассейне Анадарко, в пределах которого поверхность кристаллического фундамента погружена на глубину до 3–5 км. Промышленные залежи нефти и газа в структуре были установлены в 1990–1991 гг., а ее ударно-метеоритное происхождение доказано годом позже в результате находок в брекчиях гранитов основания планарных элементов в кварце и полевых шпатах, а также конусов разрушения в различных породах импактного комплекса [10, 11, 20].

Кратер Эймс является сложной импактной структурой с центральным поднятием, которое окружено заполненным брекчиями кольцевым трогом. Импактная структура окружена внешним кольцевым валом, представляющим собой структурное поднятие пород основания (рис. 2). Мишень структуры состоит из гранитоидов докембрийского кристаллического фундамента и перекрывающей толщи осадочных пород, которые к моменту ударного события были представлены

**Сравнительная характеристика Оболонской импактной структуры на УЩ и нефтегазоносной импактной структуры Эймс в бассейне Анадарко в Оклахоме**

Характеристика	Эймс	Оболонь
Геолого-тектоническое положение	Бассейн Анадарко на Канадском щите	Область погружения УЩ в ДДВ
Возраст импактной структуры	Ранне-среднеордовикский	Среднеюрский
Диаметр, км	14	18
Тип импактной структуры	Сложная с центральным поднятием	Сложная с центральным поднятием
Мишень	Кристаллическая с чехлом осадочных пород	Кристаллическая с чехлом осадочных пород
Возраст осадочного чехла к моменту удара	Позднекембрийский – раннеордовикский	Карбоновый – раннетриасовый
Мощность осадочного чехла к моменту удара, м	450 – 600	200 – 300
Породы импактного комплекса	Брекчии кристаллических пород, брекчии осадочных пород	Брекчии кристаллических пород, брекчии осадочных пород
Нефтепроизводящие элементы строения структур	Центральное поднятие, вал кратера	Центральное поднятие, вал кратера
Разведанные запасы: – нефти – газа	3,97 млн т 417 млн м <sup>3</sup>	– –
Структурная ловушка УВ	Среднеордовикские сланцы мощностью 60 м	Байосские глины мощностью 90 – 100 м
Перекрывающий комплекс	Средний ордовик – триас, четвертичные отложения	Средняя юра – олигоцен, четвертичные отложения
Мощность перекрывающих отложений, м	2500 – 2900	300 – 700
Число скважин	101	2*

\* Скважины пробурены в пределах кольцевого трога, где залежи нефти и газа не известны ни в одной из импактных структур с промышленными запасами УВ.

верхнекембрийскими песчаниками и нижнеордовикскими доломитами Эрбакл. Общая мощность этих отложений за пределами кратера составляет около 600 м, но внутри структуры они сохранилась только в составе брекчий в результате экскавации кратерной воронки. Центральное поднятие образуют брекчии гранитов основания и доломитов Эрбакл. Дно кольцевого трога или грабена также слагают брекчированные доломиты и перекрывающие их сланцы. Структурное поднятие внешнего вала кратера образуют брекчированные доломиты Эрбакл [11].

Перекрывающие импактную структуру постударные отложения представлены мощной толщей осадочных пород, возраст которых от среднего ордовика до триаса, а мощность достигает 2700 м. Наиболее важное значение для образования месторождения нефти и его сохранности имеет толща среднеордовикских сланцев Оил Крик мощностью 60 м, которая играет роль структур-

ной ловушки для залежей УВ в структуре. В то же время сланцы Оил Крик являются нефтематеринскими породами для месторождения нефти и газа в кратере [21]. Толща сланцев Оил Крик представляет собой кратерные осадки и не распространяется за пределы импактной структуры, в то время как образованные до удара доломиты Эрбакл, а также отложения, перекрывающие толщу сланцев Оил Крик, имеют региональное распространение в бассейне Анадарко.

Залежи нефти и газа в центральной части структуры сосредоточены в брекчиях гранитов, а также смешанных брекчиях, состоящих из обломков и глыб гранитов и доломитов. Известная скважина Gregory 1-20 в гранитных брекчиях (рис. 2) показала наиболее высокий суточный приток нефти для всего бассейна Анадарко, который составляет 1300 баррелей (207 т) [11, 15]. В краевых частях структуры в пределах коренного вала нефтегазоносными являются доломиты Эрбакл и

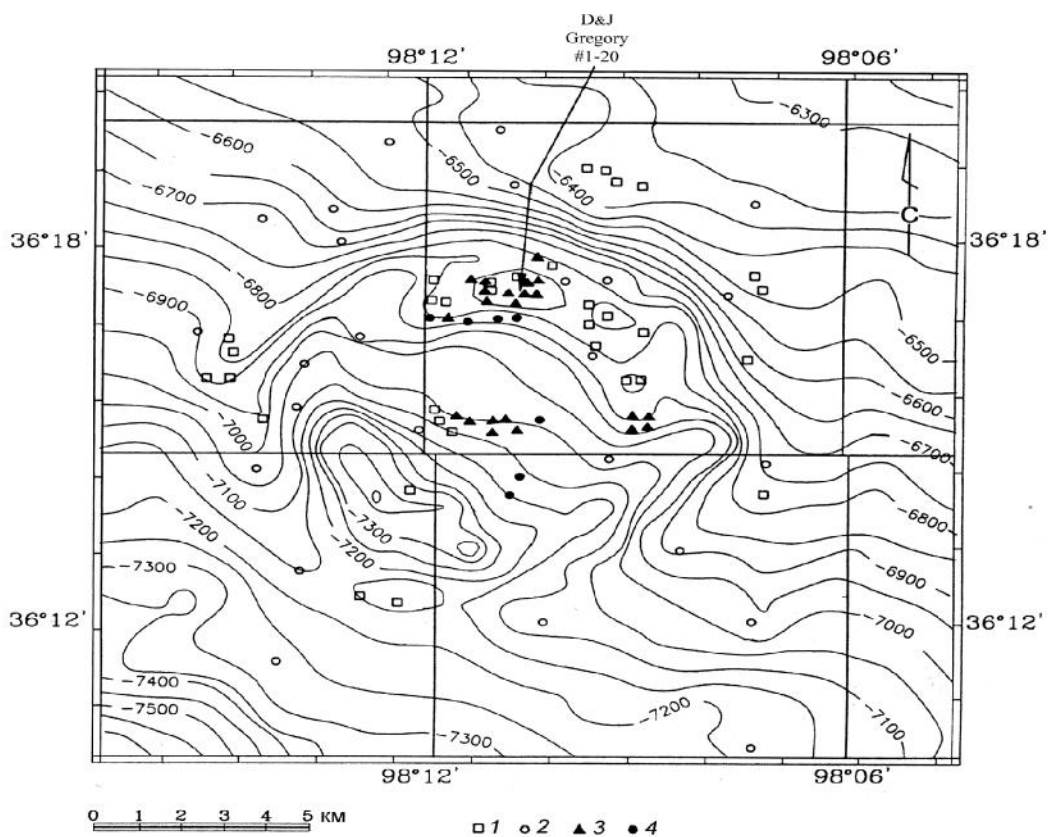


Рис. 2. Структурная карта кратера Эймс по поверхности толщи верхнеордовикских сланцев (изолинии глубин в футах) и его нефтеносность. Высокотехнологичная скважина Gregory 1-20 находится в северной части центрального поднятия. По данным работы [19] с изменениями

1 – продуктивная скважина в доломитах Эрбакл; 2 – сухая скважина в доломитах Эрбакл; 3 – продуктивная скважина в брекчиях гранитов; 4 – сухая скважина в брекчиях гранитов

их брекчии, которые характеризуются интенсивной пористостью и закарстованностью. Мощность доломитов и их брекчий на валу кратера достигает 500 м.

В импактной структуре Эймс с 1990 г. пробурена 101 скважина, 52 из которых являются продуктивными на нефть и единичные – на газ. Разведанные запасы нефти в кратере Эймс составляют 25 млн баррелей (3,97 млн т) и газа 15 млрд кубических футов (417 млн м<sup>3</sup>) [11, 12, 22]. Открытие месторождения нефти в кратере Эймс послужило важным стимулом к поискам в нефтегазоносных бассейнах США и других стран импактных структур как потенциальных месторождений УВ.

Близкой к Оболонскому кратеру по размерам и строению является также импактная

структура Авак диаметром 12 км на арктическом побережье Аляски с разрабатываемыми с 1981 г. месторождениями газа [15, 22]. Ударное происхождение структуры доказано спустя 20 лет после открытия месторождения газа в результате установления признаков ударного метаморфизма в импактированных породах, в том числе конусов разрушения и планарных элементов в кварце [19].

Кратер Авак является сложной импактной структурой с центральным поднятием (рис. 3). Структура образована в толще осадочных пород, разрез которых включает аргиллиты ордовика–силура, нижнесреднеюрские сланцы и нижнемеловые пески и песчаники. Эти отложения брекчированы и разбиты многочисленными разломами. В центральном поднятии установлен струк-

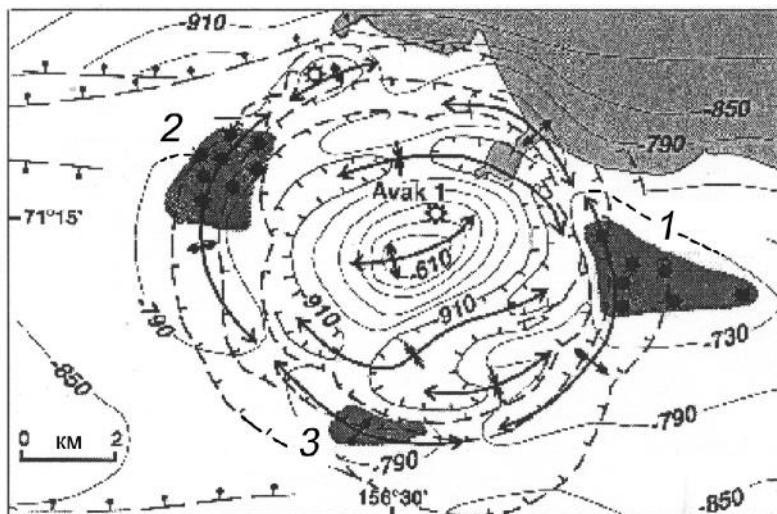


Рис. 3. Структурная карта кратера Авак по поверхности толщи ордовикско-силурийских аргиллитов (изолинии глубин в метрах). Месторождения газа показаны штриховкой. По данным работ [14, 18] с изменениями  
 1 – разломы; 2 – положительные формы рельефа; 3 – отрицательные формы рельефа; 4 – скважины

турный подъем юрских и нижнемеловых отложений на 500 м относительно их исходного положения в этом районе. Толща нижнемеловых сланцев, отложившихся после образования кратера, играет роль структурной ловушки для газовых месторождений.

В кратере разведаны три газовых месторождения, которые расположены в породах вала кратера и связаны с листрическими разломами. Два месторождения – Восточный Барроу и Южный Барроу разрабатываются с 1981 г., в то время как газовое поле Сикулик в настоящее время не эксплуатируется. Добыча газа производится с глубин 790–850 м. Единственная скважина, пробуренная на северном склоне центрального поднятия, не дала промышленного притока нефти и газа. Запасы газа в структуре Авак составляют 37–39 млрд кубических футов [12, 22].

Нефтеносная импактная структура Ньюпорт в бассейне Уиллистон в Дакоте, США, как и структура Эймс, по строению мишени имеет большое сходство с Оболонским кратером. Кратер Ньюпорт образован в докембрийских кристаллических породах и толще перекрывающих их отложений кембрия – ордовика. Диаметр этой структуры равен 3,2 км, что определяет его простую чашеобразную форму без центрального поднятия.

Залежи нефти с запасами 2,3 млн т сосредоточены в породах вала, состоящих из брекчий кристаллических пород и песчаников нижнего палеозоя [12].

Большое сходство Оболонской импактной структуры по строению со сложными нефте- и газоносными кратерами Эймс, Авак, Ред Винг и некоторыми другими, а по строению и составу мишени с кратерами Эймс и Ньюпорт позволяет рассматривать ее как перспективную на содержание в ней промышленных скоплений УВ. По аналогии со структурами Эймс и Авак, перспективными на нефть и газ в Оболонском кратере являются центральное поднятие и внешний вал. В работе [3] предложена предварительная прогнозная оценка Оболонской импактной структуры, основанная на изучении атмогеохимических и углеводородных аномалий. Расположение Оболонской структуры в области погружения УЩ в ДДВ повышает перспективы открытия в ней залежей УВ.

1. 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.
2. Геология астроблем / Ред. В. Л. Масайтис. – Л.: Недра, 1980. – 231 с.

3. Гожик П. Ф., Багрій І. Д., Гладун В. В., Гуров Є. П. Прогнозування нафтогазоносності Оболонської імпактної структури комплексом приповерхневих методів // Геол. журн. – 2010. – № 3. – С. 7–16.
4. Гуров Е. П., Гурова Е. П. Нефтегазоносные импактные структуры // Теоретичні та прикладні проблеми нафтогазової геології. – К., 2000. – С. 119–126.
5. Гуров Е. П., Гурова Е. П., Ямниченко А. Ю., Черненко Ю. А. Заполняющий комплекс и кратерные отложения Оболонской импактной структуры // Геол. журн. – 2007. – № 4. – С. 48–59.
6. Краюшкин В. А., Вакарчук Г. И., Гальченко В. А. и др. Нефтегазовый потенциал астроблем Украины. – Киев, 1994. – 62 с. – (Препр. АН Украины. Ин-т геол. наук; 93-4).
7. Краюшкин В. А., Гуров Е. П. К перспективе поисков нефти и газа в астроблемах Украины // Геол. журн. – 1989. – № 1. – С. 17–27.
8. Масайтис В. Л., Данилин А. Н., Карпов Г. М., Райхлин А. И. Карлинская, Оболонская, Ротмистровская астроблемы в европейской части СССР // Докл. АН СССР. – 1976. – Т. 230, № 1. – С. 174–177.
9. Чирвинская М. В., Забелло Г. Д., Смекалкина Л. В. Особенности строения фундамента Днепровско-Донецкой впадины // Геофизические исследования на Украине. – Киев: Наук. думка, 1968. – С. 11–26.
10. Carpenter B. N., Carlson R. The Ames impact crater // Oklahoma Geology Notes. – 1992. – Vol. 52. – P. 208–223.
11. Carpenter B. N., Carlson R. The Ames meteorite-impact crater // Ames Structure in Northwest Oklahoma and Similar Features: Origin and Petroleum Production (1995 Symposium) / Eds. K.S. Jonson, J.A. Campbell. – Oklahoma: The University of Oklahoma Press, 1997. – P. 104–119.
12. Donofrio R. R. Survey of hydrocarbon-producing impact structures in North America: exploration results to date and potential for discovery in Precambrian basement rocks // Ibid. – P. 17–29.
13. Earth Impact Database. Microsoft Internet Explorer. – 2010.
14. Grieve R. A. F. Terrestrial impact structures: basic characteristics and economic significance, with emphasis on hydrocarbon production // Ames Structure in Northwest Oklahoma and Similar Features: Origin and Petroleum Production (1995 Symposium) / Eds. K.S. Jonson, J.A. Campbell. – Oklahoma: University of Oklahoma Press, 1997. – P. 3–16.
15. Grieve R. A. F., Masaitis V. L. The economic potential of terrestrial impact craters // International Geology Review. – 1994. – Vol. 36. – P. 105–151.
16. Gurov E., Gurova E., Chernenko Yu., Yamnichenko A. The Obolon impact structure, Ukraine, and its ejecta deposits // Meteoritics and Planetary Science. – 2009. – Vol. 44, № 3. – P. 389–404.
17. Gurov E. P., Gurova E. P., Rakitskaya R. B. Impact diamonds in the craters of the Ukrainian Shield // Meteoritics. – 1995. – Vol. 30, № 5. – P. 515–516.
18. Gurov E. P., Valter A. A., Rakitskaya R. B. Coesite in rocks of meteorite explosion craters on the Ukrainian Shield // International Geological Review. – 1980. – Vol. 23, № 3. – P. 329–332.
19. Kirschner C. E., Grantz A., Mullen M. W. Impact origin of Avak structure, arctic Alaska, and genesis of Barrow gas fields // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. – 1992. – Vol. 76. – P. 651–679.
20. Koeberl C., Reimold W. U., Brandt D. et al. Target rocks and breccias from the Ames impact structure, Oklahoma: petrology, mineralogy, geochemistry, and age // Ames Structure in Northwest Oklahoma and Similar Features: Origin and Petroleum Production (1995 Symposium) / Eds. K.S. Jonson, J.A. Campbell. – Oklahoma: University of Oklahoma Press, 1997. – P. 169–198.
21. Kuykendall M. D., Jonson C. L., Carlson R. A. Reservoir characterization of the complex impact structure, Northern Shelf, Anadarko Basin // Ibid. – P. 199–206.
22. Reimold W. U., Koeberl C., Gibson R. L., Dressler B. O. Economic mineral deposits in impact structures // Impact tectonics / Eds. C. Koeberl, H. Henkel. – Berlin: Springer, 2005. – P. 479–552.
23. Tingate P. R., Lindsay J. F., Marshallsea S. J. Impact structures as potential petroleum exploration targets: Gosses Bluff and a late Jurassic example in central Australia // AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics. – 1996. – Vol. 16, № 4. – P. 529–552.

Ин-т геол. наук НАН Украины,  
Киев  
E-mail: ep\_gurov@ukr.net

Статья поступила  
28.09.10