

Impact craters at falling of large asteroids in Ukraine.

Vidmachenko A.P.

Main Astronomical Observatory of NAS of Ukraine, vida@mao.kiev.ua

The fall of large meteoroids usually accompanied by light and sound effects in the Earth's atmosphere. Catastrophes of different scale that are associated with the fall of celestial bodies to the Earth occurred repeatedly in its history. But direct evidence of such catastrophes have been discovered recently. Thus, in the late 1970s studies of terrestrial rocks showed that in layers of the earth's crust that corresponded to the period of 65 million years before the present, marked by the mass extinction of some species of living creatures, and the beginning of the rapid development of others. It was then – a large body crashed to Earth in the Gulf of Mexico in Central America. The consequence of this is the Chicxulub crater with a diameter of ~170 km on Yucatan Peninsula. Modern Earth's surface retains many traces of collisions with large cosmic bodies. To indicate the craters with a diameter of more than 2 km using the name "astrobleme". Today, it found more than 230. The largest astroblems sizes exceeding 200 km. One of the craters is best preserved through a young age, is Devil's Canyon (Arizona, USA). Its diameter is 1240 m, depth is 170 m. In 1906 geologist D. Barrindzher has shown that this crater has shock origin. Established that it appeared as a result of falling to Earth (about 30-50 thousand years ago) the iron-nickel meteoritic body of about 60 m. Then began to show more and more impact craters in Australia, Estonia, Canada, Saudi Arabia, USA and others.

Ukraine also has some of its own astroblems. Traces of meteorites that have fallen recently in geological scale, still can be found. But astrobleme left by large celestial bodies millions of years ago, are still the subject of controversy. In Ukraine, been found nine large impact craters (table. 1). It is believed that they were formed at falling of celestial bodies. However - express opinion on a purely terrestrial origin of some of them. Ukrainian crystalline shield, because of its stability for a long time (more than 1.5 billion years), has the highest density of large astroblems on the Earth's surface. It extending from the northwest to the southeast on almost 1000 km along the right bank of the Dnieper river, from the river Pripyat – to Azov. Its maximum breadth reaches 250 km. However, all the impact craters on the territory of Ukraine (except Ilyinetskyi) are under considerable layer of organic of sedimentary deposit has capacity of 100-500 m. And why on Earth is almost no signs of astroblems. Their research is carried out by drilling wells. The largest of the Ukrainian astroblems is **Manevytska**. It is located in the Volyn region, near the village Krymno. It has a diameter of 45 km. It originated probably about 65 million years ago. The origin of this structure is still the subject of research.

Ilyinetskyi crater located near the city Ilincy in 40 km to the southeast of city of Vinnitsa, in the watershed of rivers Sob and Sybok between the villages of Lugova of Illinetskyi area and Ivanky of Lypovetskyi area. It is the oldest astrobleme of Ukraine. It found increased in comparison to terrestrial rocks, nickel, iridium, cobalt with ratios characteristic of the meteoritic material. It also been found the world's largest of the impact agate rocks. Sizes of sample are 14.5 · 25 · 32 (cm).

In the central part of the Ukrainian crystalline shield is such a unique geological structure as **Boltysh crater**. It is located in the upper right tributary of the Dnieper – Tyasmyn River on the border of Kirovograd and Cherkasy areas to the southeast of the city Smila, near the village Bovtyshka of Alexander area, of Kirovograd region. Age of the Boltysh crater is $65,17 \pm 0.064$ million years.

Obolon' crater with a diameter of ~ 20 km, opened in the village Obolon, of the Semenov district of Poltava region. It is believed that it was formed at falling of a meteorite about 169 million years ago. The center of the astrobleme is situated in the tract Grakov in the floodplains of rivers Sula and Obolon. The outlines of the crater is clearly visible from the satellite.

Ternivka crater located around city Kryvyi Rih near the village of Funny Terny in the Dnipropetrovsk region. Its diameter is 12-15 km, and age – 280 ± 10 million years.

Bilylivskyi crater – is the impact structures with a diameter of more than 6 km, which was formed as a result of meteorite fall about 166 million years ago. It is located in the western part of the Ukrainian shield near the village Bilylivka of Zhytomyr region on the border of Volyn, Podilskyi and Bilotserkivskyi blocks.

Rotmystrivka crater located near the village Rotmystrivka of Smila in Cherkasy region and has an age of 120-140 million years. Astrobleme diameter is up to 3 km, and its depth – 300 m.

Zelenohayska astrobleme founded near the village Zelenyi Gay in Kirovograd region and consists of two craters: larger with diameter 2.5-3.5 km and smaller – with diameter of 800 m. Age of both shock structures is about 60 million years. Therefore suggest that they arose as a result of impact two fragments of one celestial body. The presence of graphite, which was the basis for the research of the impact diamond in astroblemes of this region. As a result, the diamonds have been found in rocks of Ilyinetskyi crater; later it have been found in rocks in the West, Obolon' and other impact structures. The most detailed was studied the geological structure and the presence of diamonds in West astrobleme. From time to time, from the end of 1960, an area of south-western part of the Ukrainian shield – carried out search for sources of diamonds.

Table. 1. The list of meteorite craters located in Ukraine.

№	Name	Region	Diameter, km	Age, millions of years	Coordinates
1	Manevytska astrobleme	Volyn	45	65	51°30' N 25°54' E
2	Boltysh crater	Kirovohrad	25	65	48°54' N 32°15' E
3	Obolon' crater	Poltava	20	169±7	49°35' N 32°55' E
4	Ternivskyi crater	Dnipropetrovsk	12-15	280	48°08' N 33°31' E
5	Ilyinetskyi crater	Vinnytsia	7	~400	49°07' N 29°06' E
6	Bilylivska astrobleme	Zhytomyr	6,2	166±10	49°44' N 29°03' E
7	Rotmystriivskyi crater	Cherkasy	2,7-3	120-140	49°09' N 31°42' E
8	Zelenogaiskyi crater, 1) 2)	Kirovohrad	2,5-3,5 0,8	60 60	48°53' N 32°48' E

Ударні кратери при падінні крупних астероїдів на території України.

Відьмаченко А. П.

Головна астрономічна обсерваторія НАН України, vida@mao.kiev.ua

Падіння крупного метеороїдного тіла зазвичай супроводжується світловими і звуковими ефектами в атмосфері Землі. Не підлягає сумніву, що катастрофи різного масштабу, пов'язані з падінням небесних тіл на Землю, неодноразово траплялися в її історії. Але прямі свідчення подібних катастроф були виявлені порівняно недавно. Так, у кінці 1970-тих дослідження земних порід показали, що в шарах земної кори, які відповідали періоду віддаленому на 65 млн. років від сьогодення, відзначено масове вимирання одних видів живих істот і початок бурхливого розвитку інших. Саме тоді крупне тіло врізалось в Землю в районі Мексиканської затоки в Центральній Америці. Наслідком цього вважають кратер Чиксулуб діаметром ~170 км на півострові Юкатан.

Сучасна земна поверхня зберігає багато слідів зіткнень з великими космічними тілами. Для позначення кратерів з діаметром понад 2 км використовують назву «астролема» (грецькою – «зоряна рана»). На сьогодні їх виявлено понад 230. Розміри найбільших з них перевищують 200 км. Один з кратерів, що найкраще зберігся через відносно молодий вік, є Каньйон Диявола (штат Аризона, США); тому його часто називають Аризонським кратером. Його діаметр 1240 м, глибина 170 м. У 1906 р. геолог Д. Баррінджер довів, що цей кратер має ударне походження. Встановили, що він виник унаслідок падіння на Землю приблизно 30-50 тис. років тому залізонікелевого метеоритного тіла розміром близько 60 м. Відтак почали виявляти інші метеоритні кратери в Австралії, Естонії, Канаді, Саудівській Аравії, США тощо.

Не стала винятком у цих пошуках і Україна, яка може «похвалитися» кількома власними астролемами. Якщо сліди невеликих метеоритів, що впали нещодавно в геологічному масштабі, ще можна знайти, то шрами, залишені великими небесними тілами мільйони років тому, до сьогодні залишаються предметом суперечок. На території України знайдено дев'ять досить великих вибухових кратерів (табл. 1). Вважається, що вони утворилися внаслідок падіння небесних тіл. Однак висловлюється і думка щодо суто земного походження деяких із них. Український кристалічний щит, завдяки своїй стабільності в геологічному відношенні протягом тривалого часу (понад 1.5 млрд. років) має найбільшу на земній поверхні щільність великих астролема. Він простягнувся з північного заходу на південний схід майже на 1000 км уздовж правого берега Дніпра, від річки Прип'ять до Приазов'я. Його максимальна ширина сягає 250 км.

Проте всі ударні кратери на території України, за винятком Іллінецького, перебувають під значною товщею органічних осадових відкладень потужністю від 100 до понад 500 м. І тому на поверхні Землі зараз практично ніяких ознак астроблем не видно, а їх дослідження здійснювалося за допомогою свердловин.

Найбільша з українських астроблем – **Маневицька**. Вона розташована у Волинській області, недалеко від селища Кримно; має діаметр 45 км і виникла, ймовірно, близько 65 млн. років тому. Походження даної структури все ще є предметом дослідження. **Іллінецький кратер** розташований поблизу м. Іллінці за 40 км на південний схід від м. Вінниця, на вододілі річок Соб і Сибок між селами Лугова Іллінецького району та Іваньки Липовецького району. Це найстарша астроблема України. В ній виявлено підвищений, порівняно з земними породами, вміст нікелю, іридію, кобальту в співвідношеннях, характерних для метеоритної речовини. Тут також знайдено найбільший у світі агат із імпактних порід; розміри зразка 14,5·25·32 (см). У центральній частині Українського кристалічного щита знаходиться ще одна унікальна геологічна структура – **Бовтиська западина**. Вона розташована у верхів'ї ріки Тясмин, правої притоки Дніпра, на межі Кіровоградської та Черкаської областей, на південний схід від м. Сміла поблизу села Бовтишка Олександрівського району Кіровоградської області. За розрахунками, виділена при утворенні Бовтиської западини енергія становила $\sim 10^6$ Мт. Вік Бовтиської западини $65,17 \pm 0,064$ років. **Оболонський кратер** з діаметром ~ 20 км, відкритий в районі села Оболонь Семенівського району Полтавської області. Вважається, що він сформувався в результаті падіння метеорита близько 169 млн. років тому. Центр цієї астроблеми знаходиться в гідрологічному урочищі Гракове, у притерасній частині заплави річки Сула (неподалік від її гирла) та річки Оболонь. Обриси кратера добре видно із супутника. **Тернівський кратер** розташований на околиці м. Кривий Ріг поблизу села Веселі Терни на території Дніпропетровської області. Його діаметр становить 12-15 км, а вік – 280 ± 10 млн. років. **Білилівський кратер** – це імпактна структура діаметром понад 6 км, що сформувалась в результаті падіння метеорита близько 166 млн. років тому. Вона розташована в західній частині Українського щита поблизу села Білилівка Житомирської області на межі Волинського, Подільського і Білоцерківського блоків. **Ротмистрівський кратер** знаходиться у районі села Ротмистрівка Смілянського району Черкаської області і має вік 120-140 млн. років. Діаметр цієї астроблеми складає до 3 км, а її глибина – до 300 м. **Зеленогайська астроблема** знайдена поблизу села Зелений Гай в Кіровоградській області і складається з двох кратерів: більшого, діаметром 2,5-3,5 км і меншого, діаметром 800 м. Вік обох ударних структур – близько 60 млн. років. Тому припускають, що вони виникли унаслідок удару двох уламків одного небесного тіла. Присутність у них графіту послужило підставою для проведення пошуків імпактних алмазів в астроблемах цього регіону. У результаті, алмази були встановлені в породах Іллінецького кратера, пізніше в Західній, Оболонській та інших імпактних структурах; найдокладніше вивчено геологічну будову і алмазозносність Західної астроблеми. На площі південно-західної частини Українського щита пошуки джерел алмазів проводяться періодично з кінця 1960-тих. Головними результатами цих робіт стало встановлення алмазозносності Зеленоярського і Тарасівського титан-цирконієвих розсипів, Іллінецької і Білилівської імпактних структур, а також широке поширення на всій дослідженій території дрібних зерен алмазу і його супутників.

Таблиця. 1. Перелік метеоритних кратерів, що розташовані на території України.

№	Назва	Область	Діаметр, км	Вік, млн. років	Координати
1	Маневицька астроблема	Волинська	45	65	51°30' пн. ш. 25°54' сх. д.
2	Бовтиська западина	Кіровоградська	25	65	48°54' пн. ш. 32°15' сх. д.
3	Оболонський кратер	Полтавська	20	169±7	49°35' пн. ш. 32°55' сх. д.
4	Тернівський кратер	Дніпропетровська	12-15	280	48°08' пн. ш. 33°31' сх. д.
5	Іллінецький кратер	Вінницька	7	~400	49°07' пн. ш. 29°06' сх. д.
6	Білилівська астроблема	Житомирська	6,2	166±10	49°44' пн. ш. 29°03' сх. д.
7	Ротмистрівський кратер	Черкаська	2,7-3	120-140	49°09' пн. ш. 31°42' сх. д.
8	Зеленогайський кратер, 1) 2)	Кіровоградська	2,5-3,5 0,8	60 60	48°53' пн. ш. 32°48' сх. д.

References.

- Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F., Michel H.V. (1980) *Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction // Science. Vol. 208, p. 1095-1108.*
- Churyumov K. I., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Dashkiev G. N. (2015) *Observations of fragments of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev in the summer of 2014 // 17 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. The program and abstracts. May 20-22. 2015. Zhytomyr, Ukraine. P. 84-85.*
- Churyumov K. I., Steklov A. F., Vidmachenko A. P., Steklov E. A. (2014) *Some results of regular observations of the twilight bolides // In Book: Selected papers and abstracts of Memorial International Conference "Comets Asteroids Meteors Meteorites Astroblemes Craters (CAMMAC 2014)". September 29 – October 2014. Vinnytsia, Ukraine. FOP "Kostiuk N. P." 160 p. P. 98-108.*
- Churyumov K. I., Steklov O. F., Vidmachenko A. P., Steklov E. A. (2014) *Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs // Astronomical School's Report. Vol. 10, no. 1, p. 37-42.*
- Vidmachenko A. (2005) *Sedna: the history of the discovery and its features // Astronomical almanac 2006. Vol. 52, p. 201-212.*
- Vidmachenko A. P., Steklov A. F. (2013) *The study of cometary material on the surface of the Earth // Astronomical School's Report. Vol. 9, no. 2, p. 146-148.*
- Vidmachenko A. P., Vidmachenko H. A. (2007) *Is it dangerous asteroids? // Astronomical almanac 2007. Vol. 53, p. 195-207.*
- Vidmachenko A., Manko V. (2013) *Dwarf planets of the solar system. Middle class of the solar system. In the world of dwarf planets // Universe, space, and time. Vol. 110, no. 9, p. 22-32.*
- Вальтер А. А., Гуров Е. П., Рябенко В. А. (1977) *Оболонский метеоритный кратер на северо-восточном склоне Украинского щита // Доклады АН СССР. 232, с. 170-173.*
- Вальтер А.А., Рябенко В.А., Котловская Ф.И. (1981) *Терновская астроблема – новый наиболее глубоко эродированный кратер Украинского щита // Доклады АН УССР. Серия Б, № 2, с. 3-7.*
- Масайтис В. Л., Данилин А. Н., Карпов Г.М., Райхлин А.И. (1976) *Карловская, Оболонская и Ротмистровская астроблемы в европейской части СССР // Доклады АН СССР. 230, с. 174-177.*
- Плотников А. В. (1994) *О генезисе Терновской структуры в Криворожском бассейне // Геотектоника. № 3, с. 36-43.*