
<https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.02.052>

УДК 551.439(477.65)

К.В. Дикань, Н.І. Дикань

Інститут геологічних наук НАН України, Київ

E-mail: natalidykan@gmail.com

Болтиська астроблема (імпактна структура): Де? Коли? Як?

Представлено академіком НАН України П.Ф. Гожиком

*Вперше в осадових відкладах Болтиської імпактної структури (Україна) знайдено численні рештки викопних остракод (роди *Cytherella*, *Cypridea*, *Clithrocytheridea*, *Mongolianella*, *Rhinocypris*, *Bairdopillata*, *Schuleridea*, *Polysore*, *Langtonia*, *Macropotella*). Комплексне дослідження викопних остракод дало змогу уточнити час Болтиської імпактної події (кінець пізнього маастрихту або початок раннього палеоцену), вік нижньої частини відкладів, які утворилися на початку формування Болтиського кратера (інт. 463–415 м) і час утворення водного басейну (ранній палеоцен), реконструювати фізико-географічні умови ранньої Болтиської водойми та запропонувати модель взаємозв'язку водойми з морем у цей період як “озеро на березі океану”. Болтиське озеро було великим за площею, глибоким, близьким до оліготрофного чи олігомезотрофного типу з підвищеною специфічною мінералізацією води. Міграція морських остракод із океану Тетис в озеро в ранньому палеоцені відбувалася через невелику протоку, водообмін між озером та океаном був періодичним, мав різну інтенсивність і тривалість.*

Ключові слова: *остракоди, Болтиська імпактна структура, палеоцен, палеогеографія.*

Межа між мезозойською та кайнозойською ератемами становить непересічний інтерес, адже в цей час зникла безліч груп фауни і флори. Стосовно причин цієї загадкової загибелі мезозойської біоти існує багато гіпотез. Відкриття катастрофічних подій (кратер Чиксулуб, інші) на крейдо-палеогеновій границі ще більше посилює цей інтерес і урізноманітнює напрями досліджень. Болтиська імпактна структура також виникла на цьому рубежі [1].

Виявити послідовність “подій кратер Чиксулуб (Мексика) — Болтиська імпактна структура (Україна)” і “крейдо-палеогенова границя” можна лише фізичними методами визначення абсолютного віку. Масове зникнення мезозойської й розвиток кайнозойської біоти визначає положення границі крейди—палеоцену, проте поки що вона гіпотетична. Тому нова інформація про викопні рештки з найглибших частин кратера має велике значення для встановлення часу його утворення й умов формування. Позаяк сумарно діаметр обох кратерів сягає 284 км (260 + 24) або 4,4 % радіуса Землі, а закратерні викиди покрили тисячі квадратних кілометрів, глобальні біосферні наслідки цих подій цілком закономірні [2]. Гео-

графічні параметри в місцях падіння обох космічних тіл подібні: це мілководні морські басейни з товщею води не більше 100 м, незначно віддалені від суші. Пізніше, через регресію, на місці Болтиської події виникла велика континентальна водойма.

Болтиська імпактна структура (діаметром до 24 км) знаходиться у центральній частині Українського щита в басейні р. Тясмин (права притока р. Дніпро; центр кратера: 48°57' пн. ш., 32°16' сх. д.). Центральне підняття (діаметром на поверхні до 4 км) підноситься над первісним дном кратера на 550–600 м. Глибокий внутрішній кратер діаметром 12 км оточує підняття як широкий жолоб. Його максимальна глибина — 1065 м (від поверхні землі до катаклізованих гранітів щита) і близько 500–550 м відносно дна навколишньої депресії периферичного кільця. Внутрішній кратер складають розплави, зювіти, аlogenні брекчії. Ударно розплавлені породи створюють кругову структуру завтовшки до 220 м, що оточує центральне підняття. Поверхня структури субгоризонтальна, бо рухливий високотемпературний розплав створив озеро в найглибшій частині навколо центрального підняття, верхня частина якого вивищується на 60–80 м над поверхнею структури [2].

Досліджено kern зі свердловини № 50. Також використано результати визначення віку порід і аналізу керна на мікрорівні зі свердловин № 11475 і № 42/11 [1–3]. Для з'ясування послідовності подій найбільший інтерес становить найглибша (і найдавніша) частина керна, оскільки формування водойми почалося у внутрішньому басейні кратера поверх охолодженого шару розплавів і зювітів.

У свердловині № 42/11 кратерні відклади залягають на зювітах на глибині 581,9 м. За результатами мікроскопічного аналізу керна виділено п'ять етапів розвитку Болтиської водойми та 16 різних літофаціальних особливостей відкладів [3]. Основні параметри середовища, що зумовили ці літофаціальні відмінності відкладів: температура повітря, інтенсивність випаровування води з водойми, підтік води у водойму із сезонними опадами, інтенсивність зносу твердих часток із суходолу та їх розмірність, кількість органічної речовини в донних мулах. Інтервал 580,4–490 м — перший, найдавніший етап. У його нижній частині знайдено морські диноцисти. Їх поява пояснюється впливом із боку моря і підняттям рівня Світового океану в ранньодатський час. На рівні 571,1 м знайдено рослинний детрит, на рівні 555,5 м — рештки остракод і риб, на рівні 542,5 м — рештки гастропод, які визначити неможливо.

У глинистих пісках, які залягають безпосередньо на зювітах, визначено прісноводні хлорофітові водорості *Botryococcus braunii* та спори дельтових папоротей і пилку покритонасінних рослин — представників піонерної рослинності, що колонізувала закратерні викиди [1]. Їх перекриває пісок (0,89 м) без будь-яких решток. Вище залягають піски з рясною палінофлорою (папороті й мохи). Час заселення рослинністю базальних відкладів поверх зювітів оцінюється в межах 2–5 тис. років залежно від його порівняння з часом колонізації поверхні потужних лавових покривів флорою [4]. Споро-пилкові комплекси уможливають визначення флори берегів озера, але не час її появи.

У свердловині № 50 в інтервалі 573–460 м залягає товща перешарованих пісків і пісковиків із прошарками дрібноуламкових осадових брекчій; 460–280 м — товща алевролітів, глин, аргілітів і глинистих сланців (прошарки з численними рештками остракод на гл. 462,3 м, 439 м, 415 м). Інт. 409–370 м — стрічкові глини (покажчик сезонного осадконакопичення в озері кратера): на рівні 319 м, 314–300 м, 296–295 м є відбитки риб і гастро-

под. Інт. 280–220 м — товща аргілітів і алевролітів із численними шарами горючих сланців (рослинні рештки представлені водоростями та наземними рослинами, серед яких переважають папороті). Інт. 220–170 м — перешарування мергелів і пісків середньо-верхньо-еоценового віку. Інт. 170–70 м — глауконітові піски київського і харківського ярусів, які перекриваються четвертинними лесами і суглинками.

Відклади, які залягають на зювітах, розплавлених імпактітах, інших породах (інт. 463–415 м), утворилися на початку формування Болтиської водойми. Вони містять остракоди, дослідження яких уможливорює визначення віку цих відкладів і часу формування водного басейну, відтворення фізико-географічних умов ранньої Болтиської водойми.

В інт. 463–415 м остракоди численні, різноманітні за родовим і видовим складом, мають різний ступінь збереженості та тип захоронення. Остракоди представлені 17 видами, представниками 10 родів: *Cytherella* Jones, 1849; *Cypridea* Bosquet, 1852; *Clithrocytheridea* Stephenson, 1946; *Mongolianella* Mandelstam, 1955; *Rhinocypris* Anderson, 1940; *Bairdopillata* Coryell, Sample & Jennings, 1935; *Schuleridea* Swartz & Swain, 1946; *Polycope* Sars, 1865; *Langtonia* Anderson, 1939; *Macronotella* Ulrich, 1894); причому рід *Schuleridea* складають два підроди *Schuleridea* (*Schuleridea*) Swartz & Swain, 1946 і *Schuleridea* (*Aequacytheridea*) Mandelstam, 1949 [5, 6].

Численність автохтонних остракод становить 29 % загального числа видів (прісноводні види *Cypridea accliva* Kazm., *Mongolianella ordinata* Lüb., *Langtonia abdomorostrata* sp. nov., *Rhinocypris* sp., *Cypridea* sp.). Частка алохтонних остракод гетерохронного типу захоронення — 18 % (морські види *Cytherella temporalis* Mand., *Polycope* sp., *Macronotella* sp.). Частка алохтонних остракод синхронного типу захоронення — 53 %. Це морські види, котрі існували в океані Тетис у палеоцені — *Cytherella obovata* Jones & Hinde, *Clithrocytheridea ljubimova* sp. nov., *Cytherella* sp., *Schuleridea* (*Aequacytheridea*) *atroxa* Mand., *Schuleridea* (*Schuleridea*) sp., *Bairdopillata* aff. *simplicatilis* Mand. & Lüb., *Cytherella* ex gr. *retrorsa* Mand., *Cytherella boltyshevae* sp. nov., *Cytherella* ex gr. *ovata* (Roemer) [5, 6].

В інт. 462,3 м остракоди представлені численними некальцитизованими та кальцитизованими уламками черепашок і рідкісними цілими стулками, які створюють “остракодовий” прошарок потужністю до 3 мм. Із нього визначено три види. Морський вид *Cytherella temporalis* є перевідкладеним. Черепашки *Cytherella obovata* (морський вид) і *Cypridea accliva* (прісноводний) пригнічені: менші розміри черепашок дорослих особин [5, 6].

В інт. 439,0 м викопні остракоди представлені поодинокими особинами трьох видів. Ознаки пригніченості має домінуючий прісноводний вид *Mongolianella ordinata* (личинки) і морський вид *Clithrocytheridea ljubimova* [5, 6].

А. Ebbinghaus зі співавт. [3] в інтервалі керна 490–430 м виділяють другий етап розвитку водойми. У проміжку 471–445 м ними виявлені остракоди, рештки риб і корінців, кристали кальциту. Наявність кальцитового і цеолітового осадження вказує на сольову лужність води. Причому прісноводні хлорофітові водорості *Botryococcus brauni* відсутні.

За остракодами вік нижньої частини осадових відкладів визначено як раньопалеоценовий. На нього вказують характерні для нижнього палеоцену Східної Європи (України) види *Cytherella boltyshevae*, *Clithrocytheridea ljubimova* (палеоцен Голарктичного поясу) та маркер крейдо-палеогенової границі — рід *Bairdopillata*. На границі крейди–палеоцену відбулася зміна родового складу остракод, поширених на території Південної Америки (Бразилії) та Європи. Зникли мезозойські роди *Cytherelloidea*, *Argilloecia*, *Cythereis*, *Brachycythere*,

Pondoina, *Rostroclytheridea*, *Macronotella*; з'явилися роди *Bairdopillata*, *Buntonia*, *Krithe*, *Trachyleberis*; продовжував існувати в палеогені рід *Cytherella* (у нижній частині відкладів кількість видів цього роду найбільша) [5–7].

Перенесення морських алохтонних остракод, які існували в океані Тетис, на початку формування Болтиської водойми могло відбуватися двома шляхами: з огляду на невелику її віддаленість від океану — через невелику протоку, що прорізала навколokraterний вал і з'єднувала озеро з океаном, або як випадкове перенесення природними явищами (смерчем, цунамі тощо). На це вказують: змішаний мезозойсько-палеогеновий і прісноводно-морський склад остракод; пригніченість автохтонних остракод (зменшення у 1,5–2 рази розмірів черепашок, присутність у популяціях лише личинок тощо). Присутність у палеогенових комплексах гетерохронних мезозойських остракод пояснюється розмивом і перевідкладенням водними потоками мезозойських відкладів (дрібноуламкових брекчій) із надкратерного валу та внутрішніх стінок кратера [2, 6].

У палеоценовий час Болтиська водойма являла собою велике за площею, глибоке озеро оліготрофного чи олігомезотрофного типу з високим вмістом мінеральних солей, у тому числі карбонату кальцію, можливо, з підвищеною специфічною мінералізацією води. Досліджений палеобіотоп знаходився на відносно глибокій ділянці наближеної до берега частини озера, де серед харових водоростей існували прісноводні остракоди — лімніобіоти *Mongolianella ordinata* (найбільша щільність популяції, домінування личинок), *Cypridea accliva*, *Rhinocypris* sp., *Langtonia abdomostratae*, *Cypridea* sp. На тимчасову протоку, що існувала в ранньому палеоцені і з'єднувала водойму з океаном, вказує наявність у біотопі морських еврибіонтних остракод, зміна видового складу та поява нових морських видів по вертикальному розрізу озерних відкладів. Нестабільність водного середовища, насамперед коливання сольового режиму, не сприяли пристосуванню як прісноводних, так і морських остракод. Це були умови лише для виживання остракод, коли порушувався онтогенетичний цикл розвитку (гальмувався перехід личинок на пізніші стадії росту чи вони впадали у стан анабіозу), зменшувалися розміри дорослих особин і личинок. Причиною періодичного припливу морських вод є, на нашу думку, евстатичні рухи, що зумовлювали підйом рівня ранньокайнозойського світового океану [6].

Водообмін між озером і океаном мав різну інтенсивність і тривалість. На початку раннього палеоцену осолонення озера було незначним і істотно не вплинуло на остракод — є ознаки пригніченості (зменшення розміру рачків), але щільність популяцій була високою. Більший водообмін і тривалість зв'язку з океаном і, відповідно, сильніше осолонення озера відбулося наприкінці цього часового інтервалу і позначилося на кількісно-якісних показниках остракод. Утрічі збільшилася видова різноманітність остракод, де домінували морські види, але всі види пригнічені (дорослі особини менших розмірів або представлені личинками) і мали дуже низьку щільність популяцій.

Причина осолонення — періодичний підтік морської води через зазначену протоку з близько розташованого моря внаслідок евстатичного підвищення рівня Світового океану. Причиною неперемішування водної маси, на наш погляд, є велика глибина озера і його порівняно невеликий діаметр. Аналогічні застійні явища і хемоклін спостерігаються в сучасному Чорному морі. Періодичне осолонення та опріснення озера негативно впливало на остракод. Це пригнічення характерно для всіх остракод — і прісноводних, і морських.

Їх реакцією на несприятливі умови було зменшення розмірів рачків дорослих особин і личинок, присутність у популяціях лише личинкових форм, тобто остракоди не могли пристосуватися до умов середовища: їхнє існування — це виживання.

Палеонтологічні рештки і мікроструктурний аналіз відкладів указують на солонуватоводний чи прісноводний басейн (третій — п'ятий етапи розвитку Болтиського озера). Протягом усього часу існування Болтиське озеро, як велика континентальна водойма, справляла вплив на мікроклімат довколишньої території, пом'якшуючи та зволожуючи його [3].

Комплексне дослідження викопних решток фауни (остракоди, гастроподи, риби) і флори (споро-пилки) із відкладів Болтиської імпаکتної структури (Україна), де відбулася катастрофічна планетарна подія (крейдо-палеогенова границя), дало можливість відтворити фізико-географічні умови Болтиської континентальної водойми впродовж усього часу її існування (початок палеоцену — кінець міоцену) та запропонувати модель взаємозв'язку його із морем: “озеро на березі океану” на початку її створення.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА.

1. Kelley S.P., Gurov E. Boltysh, another end-Cretaceous impact. *Meteorit. Planet. Sci.* 2002. **37**, Iss. 8. P. 1031–1044. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2002.tb00875.x>
2. Гуров Е.П., Гожик П.Ф. Импактное кратерообразование в истории Земли. Киев: ИГН НАН Украины, 2006. 217 с.
3. Ebinghaus A., Jolley D.W., Andrews S.D., Kemp D.B. Lake sedimentological and ecological response to hyperthermals: Boltysh impact crater Ukraine. *Sedimentology*. 2017. **64**. P. 1465–1487. <https://doi.org/10.1111/sed.12360>
4. Jolley D., Gilmour I., Gurov E., Kelley S., Watson J. Two large meteorite impacts at the Cretaceous–Paleogene boundary. *Geology*. 2010. **38**. P. 835–838. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.3.142276>
5. Дикань Н.І. Остракоди посткратерних відкладів Болтиської імпаکتної структури (Український щит). *Зб. наук. праць Інституту геологічних наук НАН України*. 2017. **10**. С. 37–49.
6. Dykan N., Kovalchuk O., Dykan K., Gurov E., Dašková J., Příkryl T. New data on Paleocene–Eocene fauna (gastropods, ostracods, fishes) and palynoflora of the Boltysh impact structure (Ukraine) with biostratigraphical and palaeoecological inferences. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 2018. **287/2**. P. 213–239. <https://doi.org/10.1127/njgpa/2018/0714>
7. Ceolin D., Fauth G., Coimbra J.C. Cretaceous — Lower Paleogene ostracods from the Pelotas Basin, Brazil. *Palaeobio. Palaeoenv.* 2011. **91**, № 2. P. 111–128. <https://doi.org/10.1007/s12549-010-0041-1>

Надійшло до редакції 12.11.2019

REFERENCES

1. Kelley, S. P. & Gurov, E. (2002). Boltysh, another end-Cretaceous impact. *Meteorit. Planet. Sci.*, 37, Iss. 8, pp. 1031-1044. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2002.tb00875.x>
2. Gurov, E. P. & Gozhik, P. F. (2006). Impacted crater formation in the history of the Earth. Kyiv: Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine (in Russian).
3. Ebinghaus, A., Jolley, D. W., Andrews, S. D. & Kemp, D. B. (2017). Lake sedimentological and ecological response to hyperthermals: Boltysh impact crater Ukraine. *Sedimentology*, 64, pp. 1465-1487. <https://doi.org/10.1111/sed.12360>
4. Jolley, D., Gilmour, I., Gurov, E., Kelley, S. & Watson, J. (2010). Two large meteorite impacts at the Cretaceous–Paleogene boundary. *Geology*, 38, pp. 835-838. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.3.142276>
5. Dykan, N. (2017). Ostracods of post-crater sediments sy the Boltysh impact structure (Ukrainian Shield). Collection of Scientific works of the IGS NAS of Ukraine, 10, pp. 37-49 (in Ukrainian).
6. Dykan, N., Kovalchuk, O., Dykan, K., Gurov, E., Dašková, J., Příkryl, T. (2018). New data on Paleocene–Eocene fauna (gastropods, ostracods, fishes) and palynoflora of the Boltysh impact structure (Ukraine) with

biostratigraphical and palaeoecological inferences. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 287/2, pp. 213-239. <https://doi.org/10.1127/njgpa/2018/0714>

7. Ceolin, D., Fauth, G. & Coimbra, J. C. (2011). Cretaceous – Lower Paleogene ostracods from the Pelotas Basin, Brazil. *Palaeobio. Palaeoenv.*, 91, No. 2, pp. 111-128. <https://doi.org/10.1007/s12549-010-0041-1>

Received 12.11.2019

К.В. Дыкань, Н.И. Дыкань

Институт геологических наук НАН Украины, Киев
E-mail: natalidykan@gmail.com

БОЛТИШСКАЯ АСТРОБЛЕМА (ИМПАКТНАЯ СТРУКТУРА):
ГДЕ? КОГДА? КАК?

Впервые в осадочных отложениях Болтышской импактной структуры (Украина) найдены многочисленные остатки ископаемых остракод (роды *Cytherella*, *Cypridea*, *Clithrocytheridea*, *Mongolianella*, *Rhinocypris*, *Bairdopillata*, *Schuleridea*, *Polycopse*, *Langtonia*, *Macronotella*). Комплексное исследование ископаемых остракод позволило уточнить время Болтышского импактного события (конец позднего маастрихта или начало раннего палеоцена), возраст нижней части отложений, которые образовались в начале формирования Болтышского кратера (инт. 463–415 м) и время образования водного бассейна (ранний палеоцен), реконструировать физико-географические условия раннего Болтышского водоема и предложить модель взаимоотношений водоема с морем в этот период как “озеро на берегу океана”. Болтышское озеро было большое по площади, глубокое, близкое к олиготрофному или олигомезотрофному типу с повышенной специфической минерализацией воды. Миграция морских остракод с океана Тетис в озеро в раннем палеоцене происходила через небольшую протоку, водообмен между озером и океаном был периодическим, имел разную интенсивность и продолжительность.

Ключевые слова: остракоды, Болтышская импактная структура, палеоцен, палеогеография.

K.V. Dykan, N.I. Dykan

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv
E-mail: natalidykan@gmail.com

BOLTYSH ASTROBLEME (IMPACT STRUCTURE):
WHERE? WHEN? AS?

For the first time, numerous remains of fossil ostracods (genera *Cytherella*, *Cypridea*, *Clithrocytheridea*, *Mongolianella*, *Rhinocypris*, *Bairdopillata*, *Schuleridea*, *Polycopse*, *Langtonia*, *Macronotella*) are found in sediments of the Boltys impact structure (Ukraine). The time of the Boltys impact event (at the end late Maastrichtian or at the beginning of the early Paleocene), the age of the lower part of sediments of the Boltys impact structure that formed at the beginning of the Boltys Crater formation (int. 463–415 m) and the time of formation of the water basin (early Paleocene), reconstruction of physical and geographical conditions of the early Boltys reservoir are established by ostracods. Model of the relationship of the Boltys reservoir with the sea at the beginning of its creation as a “lake on the shore of the ocean” was proposed too. The Boltys basin was a large deep lake close to the oligotrophic or oligo-mesotrophic type with high specific mineralization of water. Migration of sea ostracods from the Tethys Ocean into the lake in the early Paleocene occurred through a small strait, the water exchange between the lake and the ocean was periodic with varying intensity and duration.

Keywords: ostracods, Boltys impact structure, Paleogene, paleogeography.