

ПОГЛЯД НА ПОХОДЖЕННЯ БОВТИСЬКОЇ СТРУКТУРИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЕОФІЗИЧНИХ ТА МОРФОТЕКТОНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Природа структур, подібних Бовтиській (Нордлінген-Рис, Штейнхейм, Попігайська тощо) тривалий час є предметом гострих дискусій. Підставою для цього став розвиток космогеологічного напрямку, в результаті чого багато з них отримали статус астроблем. Лише в окремих випадках підтвердженням служили уламки метеоритів.

Ключові слова: астроблема; криповулканічна структура; псевдотахіліт; бухіт; імпактіт.

Бовтиська структура розташована у північній частині Інгульського мегаблока (Український щит) в басейні р. Тясмин – правої притоки Дніпра. Вперше думку про вибухову метеоритну природу висловив В.А. Голубєв у 1969 р. Подальші роботи [Вальтер А.А., Рябенко В.А., 1977, Гуров Є.П., 2002] надали цій структурі статус імпактіт.

Мета нашого дослідження полягала у проведенні порівняльного (з позицій імпактітного або ендегенного походження) аналізу даних щодо природи Бовтиської структури, оскільки за останні роки були отримані нові геологічні матеріали по Зеленогайській структурі на користь її вулканічного походження [Федоришин Ю.І., Маківчук О.Ф., 2004]. Однак, перш ніж ствердно говорити про метеоритне чи ендегенне походження тієї чи іншої структури, необхідно провести аналіз широкого кола питань, належне вивчення яких може стати підставою для прийняття кінцевого рішення про природу структури. Серед них варто виділити: входження небесних тіл в атмосферу Землі та процеси з цим пов'язані, морфотектонічний аналіз, геофізичні особливості.

Вважається [Масайтіс В.Л., Данилин А.Н., Мащак М.С. и др., 1980], що тіла, які характеризуються великою масою, проходять атмосферу без руйнування і гальмування, їхня кінетична енергія при зустрічі з Землею практично повністю переходить у теплову енергію вибуху, утворюючи нормальний кратер незалежно від кута падіння. Такі аргументи протирічать проведенним спостереженням, термодинамічним розрахункам і теорії метеоритного вибуху, оскільки вони безпосередньо пов'язані з збереження цілісності метеоритних тіл, швидкості входження і проходження крізь атмосферу Землі.

Прихильниками метеоритного походження вважається, що утворення Бовтиського кратеру було виключною за масштабами подією [Вальтер А.А., Рябенко В.А., 1977]. Посилаючись на авторитетні джерела, вони вказують, що швидкість при зіткненні з Землею могла складати від 9,4 км/с до 70 км/с. Цим швидкостям могли відповідати приблизні значення маси: від 860 млн. т до 13 млн.т. Разом з тим, існують дані [Бронштэн В.А., 1987, Фесенков В.Г., 1949], що швидкість входження тіл в атмосферу Землі не може перевищувати 22 км/с, в іншому випадку

метеороїд повністю руйнується за рахунок дроблення, випаровування і плавлення. Прямим підтвердженням цього є безпосередні спостереження Прерійної та Європейської болідних сіток. Метеороїд, який входить в атмосферу Землі з космічною швидкістю (Астапович І.С., 1958), починає взаємодіяти з атомами і молекулами розрідженої атмосфери на висотах >120-130 км. По мірі заглиблення у щільні шари атмосфери в інтервалі перших 1-2 км після зіткнення з атомами і молекулами, „проти“ метеориту починають діяти з стрімким наростанням три фактори – загороджувальний ефект, випаровування і плавлення. Доказано, що об'єм втраченої маси залежатиме від швидкості метеороїду і щільності атмосфери, меншою мірою – від розмірів. На висоті 80 км і нижче практично вся маса метеороїдів зменшується за рахунок випаровування, до того ж вони розвалюються на окремі фрагменти незалежно від складу. Цей процес носить прогресивний характер і представляє собою квазінеперервне відділення від головного тіла великої кількості уламків різного (починаючи від часток мм) розміру. Якщо метеороїд не розпилювався і не зазнав повної абляції, то він продовжує рухатись в напрямку Землі по інерції, із зменшенням швидкості. Коли сила опору повітря зрівняється із силою земного тяжіння, метеорне тіло почне рухатись з постійною швидкістю, падаючи вертикально. На висоті 25 км над Землею швидкість метеорного тіла буде, приблизно, у шість разів більшою ніж біля земної поверхні. У зазначеній роботі вказано, що В.Г.Фесенков численно інтегрував рівняння руху метеорного тіла для метеору з незмінною масою. Він показав, що проникнувши крізь атмосферу до висоти 70 км, метеор збереже лише 10% швидкості. На основі викладеного можна стверджувати, що для того, щоб космічна маса могла досягнути земної поверхні і не зруйнуватись повністю, повинно виконуватись ряд умов, які забезпечують зустріч метеориту з Землею: метеорит повинен рухатись у космічному просторі в одному напрямку з Землею, по її орбіті і влітати в атмосферу Землі з граничною швидкістю, яка не повинна перевищувати 20-21 км/с. Виконання цих умов передбачає, що метеорит не може завдати катастрофічних руйнувань на земній поверхні. Швидкість мете-

ориту при зіткненні з поверхнею Землі складатиме від перших сотень м/с до перших км/с. Прямим свідченням цього є Арізонський кратер. В кратері і довкола нього на великій площі знайдено уламки метеориту.

Прихильниками метеоритного походження пропонується [Масайтіс В.Л., Данилин А.Н., Машак М.С. и др., 1980] проводити дослідження структур за спеціально розробленою теорією. По суті, з самого початку робиться ставка на імпактну модель, відбувається „приспосовання” фактів до космогенної гіпотези. Таке однобоке трактування фактичного матеріалу, завжди буде „втиснуте” в рамки вибраної схеми, а хід наукових досліджень може перевернутися з ніг на голову [Ваганов В.И., Иванкин П.Ф., Кропоткин П.Н. и др., 1985].

Фізико-механічні процеси підземного вибуху та їхні наслідки. Особливість їх полягає у тому, що ці процеси носять кумулятивний характер, про що свого часу писав Г.І. Покровський [Покровський Г.І., 1980]. Ним встановлено, що вибухи кумулятивної дії характеризуються різкою ефективністю: енергія вибухових газів концентрується в кумулятивний струмінь, швидкість якого може перевищувати при сприятливих умовах не лише першу (8 км/с), але і другу (11,2 км/с) космічну швидкість. В оточуючому середовищі в момент вибуху тиск досягає 100 ГПа і більше. Експерименти з металами самої високої міцності показали, що вони в межах вибухової камери починають текти, значно посилюючи тим самим дію кумулятивного струменю. Аналогічні явища (ознаки плавлення) зустрінуті і в межах криптовулканічних структур. Реальні швидкості газово-рідинного струменю при різній величині кутів кумулятивної порожнини складають від перших км/с до більш ніж у два рази вищих від першої космічної швидкості. Зазвичай це 5-10 км/с. При верхній межі швидкості тиск досягає 200 ГПа. Кумулятивний струмінь при таких тисках може пробивати порожнину, діаметр якої приблизно в 10 разів перевищує діаметр самого струменю.

Ознаки ударно-метаморфічних явищ в породах мають свої певні особливості: брекчіювання, сліди переплавлення тощо. Надійним критерієм розпізнавання імпактної природи розплаву вважається [Импактиты., 1981] наявність в ньому ксенолітів порід і мінералів мішені з ознаками ударного метаморфізму різної інтенсивності – діаплектових мінералів і діаплектового скла, високобарних фаз, мономінерального плавленого скла. Але породні відміни з аналогічними ознаками мають місце при криптовулканічних процесах. Згадаємо лише ті з них (псевдотахіліти, бухіти), які добре вивчені з точки зору тектономагматичних перетворень і широко розповсюджені в межах регіонально-метаморфізованих комплексів та кільцевих структурах. Аналіз

матеріалів показав [Ваганов В.И., Иванкин П.Ф., Кропоткин П.Н. и др., 1985], що цілий ряд перетворень в породах можливий лише за умов грандіозних шоккових тисків, які можуть досягати 100 ГПа. Не виключено, що у природних системах (зокрема, природні хімічні вибухи кумулятивного характеру) можуть утворюватись аналогічні об'єкти. Приклади конвергентності у геології є досить поширеними. Візьмемо псевдотахіліти, які є дуже схожими з тагамітами і приймаються [Масайтіс В.Л., Данилин А.Н., Машак М.С. и др., 1980] в якості перехідних відмін між імпактитами і материнськими породами. Наявність псевдотахілітів вважається однією з найважливіших діагностичних ознак астроблем, а походження в усіх випадках – ударно-вибухове. Разом з тим, незалежно від місць знахідок і трактування змісту цього терміну, псевдотахіліти характеризуються багатьма спільними ознаками, а саме: залягають серед роздрібнених і мілонізованих порід, розмір прошарків та лінз незначний, форма залягання інтрузивна, контакти з вміщуючими породами різкі або поступові, наявність зони загартування, насиченість дрібними уламками вміщуючих порід, флюїдальна або пориста текстура; основна маса представлена ізотропним склом, уламки кородовані розплавом, форма мікролітів несе ознаки загартування (дендрити, скелетні кристали), обростання резорбованих уламків мікролітами ортопіроксену, плагіоклазу, наростання ступеню кристалічності від країв до центру. Оскільки у багатьох випадках псевдотахіліти не пов'язані ні з можливими астроблемами, ні з кільцевими структурами в принципі, то їхнє ендегенне походження не викликає жодного сумніву.

Не менш екзотичними породами, які співставляються з тагамітами і зювітами є бухіти – продукти пірометаморфізму. Означені процеси супроводжуються частковим переплавленням вміщуючих порід і переходом у склоподібну фазу. Відбувається дія розплаву на периферичні частини зерен кварцу і польових шпатів, що призводить до утворення більш високотемпературних мінеральних фаз та ізотропізації. При охолодженні скло зберігається і породи набувають склоподібного вигляду. Найчастіше ці явища спостерігаються у зв'язку з вулканічними проявами основного і ультраосновного складу.

Присутність діаплектового скла сприймається як беззаперечний факт, що пов'язаний лише з астроблемами. Однак, його можна розглядати як продукт експлозивного плутонізму [Маракушев А.А., 1988]. Процеси супроводжуються надзвичайною насиченістю розплаву магмофобними флюїдними компонентами (CO₂, H₂ тощо). В результаті утворюються вулканічні породи особливого фаціального вигляду (діаплектове скло), становлення яких відбувається в умовах сильного переохолодження розплаву [Соболев

Р.Н., 2000, 2003]. Варто додати, що узагальнення матеріалів фізико-хімічного аналізу діаграм стану [Ваганов В.И., Иванкин П.Ф., Кропоткин П.Н. и др., 1985] по відношенню до тагамітів та діаплектового скла зювітів Попігайської структури показало, що аналізи цих порід та окремих мінеральних компонентів розташовані на лінії фракційного плавлення магматичного розплаву ендегенного генезису. Отже, знаходження таких утворень не може сприйматися як безальтернативна ознака метеоритного походження структури.

Морфоструктурний аналіз. За даними інтерпретації топооснов рельєфу фундаменту Бовтиська структура постає іншою, ніж її бачать прихильники метеоритного походження. Округла депресія діаметром 24 км є лише ядром структури центрального типу з діаметром по зовнішньому концентру близько 125 км. Дуже добре в рельєфі експонуються зовнішній та внутрішній концентри та інші елементи. Форма підкреслюється річковою палеосистемою. У східній частині розташована сателітна вулканогенна Зеленогайська структура. У тектонічному відношенні Бовтиська структура знаходиться у вузлі перетину двох регіональних зон розломів субширотного та північно-східного простягання.

Геофізичний аналіз Вперше виділення Бовтиської структури за геофізичними даними у зв'язку з її ендегенною природою було проведено В.А. Крюченком. Вона просторово розташована в межах потужної від'ємної гравіаномалії північно-східного простягання, яка має конусоподібну форму і прослідковується практично по усьому розрізу кори.

Враховуючи існуючі об'єктивні матеріали, можна віднести Бовтиську структуру до числа ендегенних. Вважаємо, що визначення природи таких проблемних структур вимагає комплексного підходу і лише єдиний неспростовний аргумент дає підставу трактувати космогенне походження – знахідки уламків метеориту.

Література

- Бронштэн В.А. Метеоры, метеориты, метеороиды. М.: Наука, 1987, 176с.
- Ваганов В.И., Иванкин П.Ф., Кропоткин П.Н. и др. Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ. М.: Недра, 1985, 200 с.
- Вальтер А.А., Рябенко В.А. Взрывные кратеры Украинского щита. – К.: Наук. думка, 1977. – 156 с.
- Гуров Е.П. Импактное кратерообразование на поверхности Земли. // Геофизический журнал, 2002, №6, т. 24, С. 3-35.
- Импактиты. М.: МГУ, 1981, 240 с.
- Маракушев А.А. Петрогенезис. М.: Недра, 1988, 293 с.
- Масайтис В.Л., Данилин А.Н., Машак М.С. и др. Геология астроблем. Л.: Недра, 1980, 231с.
- Покровский Г.И. Взрыв. М.: Недра, 1980, 190 с.
- Соболев Р.Н. Генезис первичных микроструктур магматических горных пород //Вестник МГУ, сер. 4, геология, 2003, №2, С. 38-45.
- Соболев Р.Н. Рост кристаллов и захват включений // Изв. РАЕН. Сер. Науки о Земле. 2000, №5, с. 62-84.
- Федоришин Ю.И., Маківчук О.Ф. Причины происхождения Зеленогайської структури: падіння метеориту чи ендегенний процес? // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2004. – № 2. – С. 54–63.
- Фесенков В.Г. Метеоры и метеориты. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1949, 49с.

ВЗГЛЯД НА ПРОИСХОЖДЕНИЕ БОЛТЫШСКОЙ СТРУКТУРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И МОРФОТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.И. Федоришин, М.Б. Яковенко, Н.Т.Триска

Природа структур, похожих на Болтышскую (Нордлинген-Рис, Штейнхейм, Попигайская и др.) длительное время являются предметом дискуссий. Основанием для этого стало развитие космогеологического направления, в результате чего многие из них получили статус астроблем. Только в отдельных случаях подтверждением служили фрагменты метеоритов.

Ключевые слова: астроблема; криптовулканическая структура; псевдотахилит; бухит, импактит.

THE VIEW ON GENESIS OF BOVTYS`KA STRUCTURE DUE TO GEOPHYSICAL AND MORPHOTECTONIC RESEARCH

Yu. Fedoryshyn, M.B. Yakovenko, N.T.Triska

Nature of structures, similar to Bovtys`ka (Nördlingen- Ries, Steinheim, Popigais`ka and others) is the subject of the discussions for a long time. The reason for this is the development of space geological direction, as the results many of them got status of astroblema. Only in some cases they were confirmation of the fragment of meteorites.

Keywords: astroblema; cryptovolcanic structure; pseudotahilit; buhit; impactyt.