

# МАНДРУЮЧИ ІЛІНЕЦЬКИМ КРАТЕРОМ

ПУТІВНИК ГЕОЛОГІЧНОЇ ЕКСКУРСІЇ



КИЇВ, 2019

Національна академія наук України  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка

# **МАНДРУЮЧИ ІЛЛІНЕЦЬКИМ КРАТЕРОМ**

**ПУТІВНИК ГЕОЛОГІЧНОЇ ЕКСКУРСІЇ**

в рамках наукової конференції  
**«Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні»**,  
присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення  
імені М.П. Семененка НАН України

Київ – 2019

УДК 502.4+910.4(477.44)

Д 36

Наукові редактори:

академік НАН України, доктор геологічних наук *О.М. Пономаренко*

доктор геолого-мінералогічних наук *Гуров Є.П.*

Рецензент:

доктор геолого-мінералогічних наук, професор *С.Г. Кривдік*

**Мандруючи Іллінецьким кратером:** Путівник геологічної екскурсії в рамках наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка / Деревська К.І., Сукач В.В., Зюльцле О.В., Музичко Т.І., Павлов Г.Г., Павлюк В.М., Пилипчук О.М., Руденко К.В., Сільченко Г.В., Спиця Р.О., Степанюк Л.М. /НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка. – Київ, 2019. – 35 с.

У путівнику висвітлено геологічну будову району та власне Іллінецької імпаکتної структури, історію її вивчення, наведено мінералого-петрографічний опис імпактних утворень та порід кристалічного фундаменту Українського щита, які слугували мішенню. Викладено також загальні відомості про земні метеоритні кратери, сучасні уявлення про їхнє утворення, особливості морфології, характер впливу на породи-мішені, дані про вік імпактних подій тощо.

Запропонований маршрут польової екскурсії дає змогу ознайомитися з геологічною будовою Іллінецької імпактної структури, обстежити розкриті кар'єрами докембрійські породи та утворені за їхньої рахунок імпактити різноманітних структурно-текстурних типів, почерпнути цікаву інформацію про видобування імпактитів ще у прадавні часи та виготовлення із них кам'яних виробів.

Путівник рекомендується фахівцям-геологам і спеціалістам інших природничих наук, а також широкому загалу дослідників, зацікавлених у вивченні рідкісних пам'яток природи і явищ на теренах України.

*Рекомендовано до друку ухвалою вченої ради Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (протокол № 3 від 11 квітня 2019 р.)*

ISBN 978-966-02-8899-7

© К.І. Деревська, В.В. Сукач, В.В. Зюльцле,  
Т.І. Музичко, Г.Г. Павлов, В.М. Павлюк,  
О.М. Пилипчук, К.В. Руденко, Г.В. Сільченко,  
Р.О. Спиця, Л.М. Степанюк, 2019

© Інститут геохімії, мінералогії та  
рудоутворення імені М.П. Семененка НАН  
України, 2019

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
ДЕЩО З ТЕОРІЇ ЩОДО МЕТЕОРИТНИХ КРАТЕРІВ .....	5
Як утворюються метеоритні кратери.....	5
Аризонський метеоритний кратер .....	7
Іллінецький метеоритний кратер .....	7
Будова метеоритних кратерів.....	7
ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА РАЙОНУ ЕКСКУРСІЇ.....	10
Історія геологічних досліджень.....	10
Геологічна характеристика порід мішені .....	11
Геологічна будова Іллінецького метеоритного кратера .....	14
Час утворення.....	19
Мінералого-петрографічні особливості імпаکتитів .....	16
МАРШРУТ ГЕОЛОГІЧНОЇ ЕКСКУРСІЇ .....	20
ЗУПИНКА №1 .....	22
ЗУПИНКА № 2.....	28
ЗУПИНКА № 3.....	30
ЗУПИНКА № 4.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	32



## ПЕРЕДМОВА

З давніх-давен і дотепер у вечірній час люди задивляються у темні глибини безмежного, неосяжного нічного неба з надією серед міриад небесних світил побачити падаючу зірку і загадати бажання. Тепер навіть діти знають, що яскрава падаюча зірка насправді є метеоритом – маленьким уламком космічної речовини, що згорає у щільних шарах земної атмосфери.

Гості з далекого космосу постійно відвідують Сонячну систему. Потрапляючи в гравітаційне поле планет та їхніх супутників вони «бомбардують» їх поверхню, залишаючи на знак свого існування глибокі чашоподібні заглиблення – кратери. Яскравим прикладом впливу метеоритів на поверхню небесних тіл є рельєф нашого найближчого супутника – місяця, головними формами якого є метеоритні кратери. Точну кількість місячних кратерів підрахувати неможливо через погану збереженість більшості з них внаслідок накладання молодших утворень на давніші.

Протягом свого існування Земля теж неодноразово зазнавала зіткнень з метеоритами різних розмірів. Завдяки атмосфері, яка відіграє роль захисної оболонки, більшість метеоритів згорають у її шарах, не досягаючи поверхні планети. Яскравим прикладом зустрічі земної атмосфери з метеоритами є метеоритні дощі, які давно стали для людей звичним явищем. Однак найкрупніші метеорити здатні досягти земної поверхні. Зіткнення таких об'єктів із Землею відбуваються вкрай рідко, але саме вони призводили до природних катастроф, кардинальних змін у функціонуванні всіх компонентів земної екосистеми і, як наслідок, зміни спрямованості еволюції.

Метеоритні кратери на земній поверхні трапляються не часто і далеко не завжди знаходять відображення в морфології сучасної поверхні внаслідок тривалого впливу процесів денудації. Тому їх виявлення та всебічне вивчення є надзвичайно важливим для вирішення як наукових, так і практичних завдань.

Одним з найбільш відомих в Україні є Іллінецький кратер, який і стане об'єктом нашої геологічної екскурсії. Іллінецький метеоритний кратер є загально визнаною структурою і входить до переліку достовірних імпактних структур, виявлених на поверхні Землі [[www.passc.net](http://www.passc.net)]. Іллінецька структура досліджується ученими починаючи з середини XIX ст. У 70-их роках XX ст. було знайдено геологічні, мінералого-петрографічні та геохімічні докази її метеоритного походження. Перша геологічна екскурсія на Іллінецьку структуру відбулася у 1984 р. в рамках Міжнародного геологічного конгресу

У 2017 р. Іллінецька імпактна структура отримала охоронний статус як геологічна пам'ятка природи місцевого значення – «Іллінецький кратер» (природно-заповідний фонд Іллінецького району Вінницької обл.).

## ДЕЩО З ТЕОРІЇ ЩОДО МЕТЕОРИТНИХ КРАТЕРІВ

На даний час уся інформація про метеоритні кратери зосереджена у всесвітній базі земних імпактних структур (EID) (<http://www.passc.net>). Цю базу даних започатковано у 1955 р. обсерваторією Домініон, Оттава, під керівництвом доктора Карлая С. Білса. У кінці 1980-х років обсерваторія Домініон перейшла до Геологічної служби Канади (GSC). Після припинення досліджень імпактних структур в GSC у 2001 р. базу даних було передано Центру планетної і космічної науки в Університеті Нью-Брансвік, Канада. На сьогоднішній день база нараховує 190 підтверджених ударних структур і керує нею Джон Спрей – директор планетного та космічного наукового центру. Основний внесок в розробку попередніх версій цієї бази були зроблені Річардом Гриве і Джеймсом Уайтхедом.

### Як утворюються метеоритні кратери

Земна поверхня зберігає «відбитки», що їх залишили після падіння великі метеорити у вигляді кратерів. Можна вважати, що відомі метеоритні кратери – це наслідки лише частини імпактних подій, які відбулися протягом історії існування планети. Адже за певних умов під час зіткнення з Землею космічне тіло може формувати бороздоподібні кратери незначної глибини, які швидко зникають внаслідок дії ерозії та процесів літогенезу. Більшість відомих кратерів не містять залишків метеоритної речовини, а породи, що утворилися в результаті падіння метеоритів, часто подібні до вулканічних або метаморфічних, що ускладнює діагностику їхнього походження.

Згідно з сучасними даними щорічно в земну атмосферу надходить близько 20 тис. т метеоритної речовини. Щодня на Землю потрапляє понад 50 т космічного матеріалу, в т.ч. метеоритного пилу. Частка більших уламків, масою від кількох кілограмів до тони, становить приблизно 100 т на рік. За історичний час зафіксовано падіння на Землю лише порівняно невеликих уламків космічних тіл вагою максимум 1,0-1,5 т. При цьому утворювалися невеликі (кілька десятків метрів) кратери.

Зіткнення Землі з небесними тілами, розмір яких у поперечнику досягає перших кілометрів, відбуваються в середньому один раз на мільйон років. При цьому виникають ударні кратери, для позначення яких один з авторів нової глобальної тектоніки плит американець Robert S. Dietz у 1960 р. запропонував спеціальний термін «астроблема». На сьогодні серед науковців світу цей термін майже не використовується. На небесних тілах, де відсутня атмосфера (Меркурій, Місяць, Фобос, Деймос тощо), метеоритні кратери, незалежно від часу формування, зберігаються в непорушеному вигляді. Причиною їх руйнування може бути лише падіння пізніших метеоритів. На космічних зображеннях поверхні планет земної групи та їхніх супутників, що не мають щільної атмосфери, чітко видно всі деталі будови метеоритних кратерів (рис. 1).

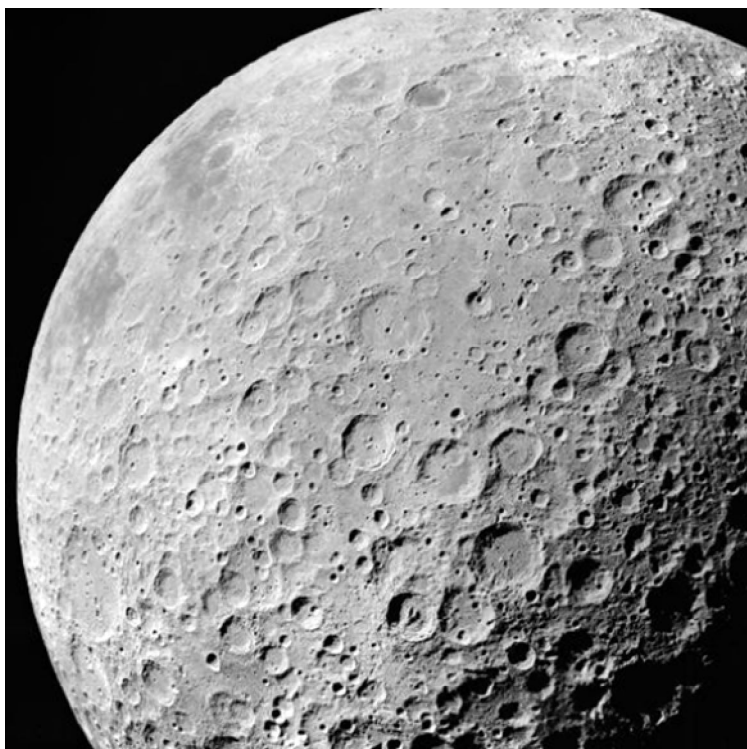


Рис. 1. Метеоритні кратери на зворотній стороні Місяця  
(<http://apollo.sese.asu.edu>)

Розрізняють два типи метеоритних кратерів: ударні – діаметром менше 100 м і вибухові – діаметром понад 100 м. Перші є результатом падіння невеликих метеоритів. Другі виникають під час зіткнення Землі зі значними за розмірами космічними тілами. Під час зіткнення метеорита з поверхнею Землі його рух різко гальмується, в той час як гірські породи в місці падіння (породи мішені) починають швидко рухатися під впливом ударної хвилі. Ударна хвиля за частки секунди охоплює напівсферичну область під поверхнею планети, а також рухається у зворотний бік по тілу метеорита. При цьому різка зміна розтягнення і стиснення повністю руйнують метеорит. Ударна хвиля призводить до різкого зростання температури (більше 3000°C) і тиску (понад 5 млн атм.), в результаті чого гірські породи нагріваються, частково плавляться, а в самому центрі зіткнення частково випаровуються. Після охолодження і затвердіння на дні кратера утворюються породи, які можуть збагачуватися характерними для метеоритів хімічними елементами – іридієм, осмієм, платиною, паладієм, нікелем, хромом.

Утворення плазми, що відбувається в процесі миттєвого випаровування частини речовини, супроводжується вибухом, внаслідок якого породи мішені розлітаються в різні сторони, а дно вдавлюється. На дні новоствореного кратера виникає западина з крутими бортами, які руйнуються під дією гравітації. Днище кратера засипається уламками породи, викинутими в результаті зіткнення. Утворюється брекчія – шар уламків, зцементованих тим же матеріалом, подрібненим до піску і пилу. Ударний розплав, похований під шаром брекчії, застигає і починає швидко твердіти, завершуючи процес

формування кратера. Детально процеси утворення метеоритних кратерів на поверхні Землі описано у роботах Гурова Є.П. (*Kelley S.P., 2002; Гуров, 2002*).

Післяударні породи, якими складено метеоритний кратер, називають імпактітами. Серед них виділяють зювіти, ударно-розплавні породи, імпактітні бомби, алогенні і аутигенні брекчії (*Вальтер, 2000; Кольцевые..., 1989*).

### **Аризонський метеоритний кратер**

Одним з найвідоміших, добре досліджених і найкраще збережених метеоритних кратерів на земній поверхні є Аризонський кратер (його ще називають кратером Берринджера). Він знаходиться в пустелі штату Аризона (США), поблизу м. Вінслов. Аризонський кратер має діаметр 1200 м і глибину 180 м (*Воронцов-Вельяминов, 1976*) і оточений кам'яним валом висотою 45 м (рис. 2). Кратер утворився близько 50 тис. років тому внаслідок зіткнення з Землею залізно-нікелевого метеорита діаметром 50-70 м (*Artemieva, Pierazzo, 2009*). Енергія, що вивільнилася під час зіткнення, становила від 1 до 60 мегатон (*Kring, 2017*). Про метеоритне походження кратера свідчать включення в породах днища залізо-нікелевих сплавів: камаситу та теніту, які характерні для залізних метеоритів. Виявлені також мінерали коесит та стишовіт, які утворюються за умов надвисоких тиску і температури, що виникають лише під час потужних вибухів (*Shoemaker, 1987*).

### **Іллінецький метеоритний кратер**

На території України (рис. 3) на сьогодні відомо 8 метеоритних кратерів (<http://www.passc.net>, *Вальтер, 2000; Kelley S.P., 2002; Гуров, 2006, 2017; Кольцевые..., 1989*). Іллінецький метеоритний кратер, який і є об'єктом нашої геологічної екскурсії, належить до вибухових і виник в результаті падіння космічного тіла на територію Українського щита (УЩ) 445 млн років тому. В результаті імпаکتної події утворилася кільцева структура діаметром близько 8,5 км і глибиною до 600- 800 м. Первинний рельєф метеоритного кратера був змінений денудаційними екзогенними процесами. На сучасному рівні денудаційного зрізу зовнішній діаметр області поширення імпактітів складає близько 3,2 км. На відміну від інших імпактітних структур України Іллінецька не перекрита осадовим чохлам і характеризується наявністю відслонень імпактітів, які виникли в результаті удару й вибуху метеориту під час його зіткнення з породами мішені, переважно палеопротерозойськими гранітоїдами.

### **Будова метеоритних кратерів**

Метеоритні кратери Землі схожі на кратери Місяця, Марса, Меркурія та інших планет. Вони мають округлу форму, проте діаметр їх значно менший (наприклад, структура Валгалла на поверхні Каллісто в діаметрі сягає 3000 км, *Гуров, 1987*). Діагностуються метеоритні кратери за характерним валом, що виступає як підвищення навколо вирви, наявністю центрального підняття – гірки, виразним радіально-кільцевим розташуванням тріщин та наявністю роздрібнених порід та іншими ознаками.



Рис. 2. Аризонський метеоритний кратер (кратер Берринджера)  
([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Barringer\\_Meteor\\_Crater%2C\\_Arizona.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Barringer_Meteor_Crater%2C_Arizona.jpg))



Рис. 3. Метеоритні кратери в межах Українського щита  
(на основі матеріалів *Криводубський, 2004, Гуров, 2017*).

Кільцевий вал – структура, що обрамовує кратер. Профіль валу зазвичай асиметричний: його внутрішній схил крутіший від зовнішнього. Об'єм порід кільцевого валу для метеоритних кратерів зазвичай становить 20-40 % від об'єму переміщеної породи.

Днища кратерів в розрізі мають різну форму (плоскодонні, чашоподібні тощо). Їхня морфологія ускладнюється зі збільшенням діаметра, наприклад, днища великих кратерів ускладнені центральними гірками. Центральна гірка, або центральний пік, є обов'язковою структурою, яка утворюється в кратерах діаметром від 5 до 50 км. Вона виникає згідно із законами механіки внаслідок пружної віддачі поверхні порід мішені. У кратерах діаметром понад 50 км утворюється не одне, а ціла система центральних кільцевих підняттяв.

На відміну від місячних кратерів, які формуються і розвиваються у безатмосферному середовищі, що забезпечує їх збереженість протягом тривалого часу, земні імпактні структури відразу після їх утворення зазнають руйнівної дії екзогенних процесів. Тому метеоритні кратери на території України, які утворилися десятки і сотні мільйонів років тому, практично не мають геоморфологічних ознак у сучасному рельєфі. Власне Іллінецький метеоритний кратер протягом 445 млн років зазнавав впливу ерозійно-денудаційних процесів, в результаті яких сучасні розміри цієї структури є значно меншими від її початкових параметрів. Припускається, що величина ерозійного зрізу поверхні УЩ в районі Іллінецького кратера становить приблизно 300-400 м (Гуров, 1998).

У відповідності з геоморфологічними уявленнями, сучасний рельєф пластово-аккумулятивної рівнини Іллінецького району почав формуватися в палеоген-неогеновий період. Остаточо сучасний рельєф сформувався у пізньому плейстоцені, коли утворилася сучасна долина і комплекс надзаплавних терас р. Собок.



## ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА РАЙОНУ ЕКСКУРСІЇ

Територія проведення екскурсії знаходиться на межі Липовецького (с. Іваньки) та Іллінецького (с. Лугова) районів Вінницької області. У відповідності з чинним фізико-географічним районуванням вона належить до Подільсько-Придніпровського краю лісостепової зони України. З геоморфологічної точки зору район Іллінецької структури розташований в межах пластово-аккумулятивної нахиленої горбисто-увалистої алювіально-дельтової рівнини, сформованої на палеоген-неогенових відкладах. Територія розчленована долинами річок. Висотні відмітки рельєфу (відносно рівня моря) змінюються від 280-290 м на вододілах до 210-220 м в річкових долинах.

Іллінецький метеоритний кратер розташований в 10 км на захід від м. Іллінці Вінницької області в долині р. Собок. Доступні для огляду фрагменти кратеру, які представлені типовими імпаکتитами різноманітних структурно-текстурних типів, розкриті у відслоненнях і кар'єрах на правому березі р. Собок на відрізку завдовжки 2 км між селами Іваньки і Лугова.

### Історія геологічних досліджень<sup>1</sup>

До середини минулого століття геологічні дослідження вододілу річок Соб і Південний Буг були фрагментарними. Перші відомості щодо геології району з'явилися у 30-х роках ХІХ ст. у працях Е. І. Ейхвальда і І. Я. Яковицького. У 1851 р. К.М. Феофілактів виконував геологічні дослідження у долині річки Соб і виділив вулканічні породи Іллінецької структури, які, на його думку, зазнали впливу високої температури і тиску. За петрографічними дослідженнями (В.Є. Тарасенко, 1898) ці утворення були інтерпретовані як туфи. З 1892 по 1915 рр. басейни рр. Рось і Південний Буг досліджували М.О. Соколов, В.Є. Тарасенко, В.Д. Ласкарев, В.І. Лучицький, П.А. Тутковський. Головну увагу вони приділяли стратиграфії, геоморфології та тектонічним процесам.

Систематизовані дослідження цієї території розгорнулися у другій половині ХХ ст. Під час середньомасштабного геологічного картування у 1956 р. А.І. Жолдак, Г.Г. Виноградов і В.А. Рябенко висловили припущення про ранньопалеозойський вік порід Іллінецької структури та вперше оконтурили площу їх розвитку. Було також визначено, що вона знаходиться у вузлі перетину Джурин–Немирів–Іпишецького, Верхньобузького і Брацлав–Ладиженського регіональних розломів. (*Тектоно-магматические структуры...*, 1986).

На початку 70-х років з'явилися повідомлення В.Л. Масайтіса (1973, 1974) і А.А. Вальтера (1976, 1977) про наявність у породах Іллінецької структури ознак ударного метаморфізму. Поява в літературі нових даних про взаємодію космічних тіл з поверхнею Землі призвела до перегляду уявлень щодо генезису структури і віднесення її до імпактних. Новий погляд на утворення структури

---

<sup>1</sup>Бібліографія досліджень імпактних структур України і світу міститься за посиланням: <http://geojournal.igs-nas.org.ua/article/view/142276>.



підтримали Ю.Ю. Юрк, Г.К. Єрьюменко, Ю.О. Полканов та А.П. Нікольський. Закономірним наслідком цілеспрямованих досліджень українських науковців і геологів-виробничників стало виявлення у породах Іллінецької структури алмазів імпактного типу.

У 80-х роках ХХ ст. ідеї імпактного генезису аналогічних структур УЩ висвітлені у монографіях і наукових публікаціях А.А. Вальтера, В.А. Рябенка (1980, 1981, 1982), В.Л. Масайтіса (1979, 1980), Є.П. Гурова (1980, 1983) та ін. дослідників. За результатами геофізичних досліджень виявлено Іллінецьку гравімагнітну аномалію, конфігурацію якої було деталізовано подальшими зйомками (Ентин В.А., 2012).

У 90-х роках ХХ ст. геологічні дослідження Іллінецької структури продовжуються в Інституті геологічних наук НАН України під керівництвом Є.П. Гурова (Gurov, 1998). Дослідженню імпактних алмазів українських астроблем присвячені роботи А.А. Вальтера (Вальтер, 1997, 1998, 2005).

Додаткове буріння картувальних свердловин у 2010 р. в рамках ГДП-200 аркуша М-35-XXX (Гайсин) сприяло отриманню нових геологічних і геофізичних даних, а також керну для подальшого петрографічного і мінералогічного вивчення порід. У 2012 р. ПДРГП «Північгеологія» разом з Інститутом геофізики НАН України дослідили геофізичні аспекти будови та генезису Іллінецької структури (Ентин В.А., 2013). ДП «Українська геологічна компанія» у 2015 р. було видано комплект карт у масштабі 1 : 200 000 території аркуша М-35-XXX (Гайсин). Під час цих робіт узагальнено геологічний та геофізичний матеріал, уточнено контури і геологічну будову Іллінецької імпактної структури.

Загалом в межах Іллінецької структури наявні 6 відслонень імпактитів, у тому числі 3 кар'єри, пройдено 58 свердловин, з них 7 глибиною понад 200 м. Свердловини у західній частині структури досягли лише кори вивітрювання, не розкривши днище кратеру – незмінені кристалічні породи фундаменту.

### **Геологічна характеристика порід мішені**

В геолого-структурному відношенні район Іллінецького метеоритного кратера розташований на межі двох суміжних мегаблоків УЩ – Дністровсько-Бузького і Росинсько-Тікицького (*Кореляційна хроностратиграфічна схема...*, 2004). В його геологічній будові головну роль відіграють: мезоархейські ендербіти літинського комплексу та палеопротерозойські гранітоїди гайсинського, уманського та бердичівського комплексів (рис. 4). Ендербіти містять останці кристалосланців і кальцифірів тиврівської товщі дністровсько-бузької серії, тоді як серед гранітоїдів відмічаються численні, різного розміру ксеноліти (і останці) нерозчленованих метаморфічних утворень дністровсько-бузької та росинсько-тікицької серій. Породами мішені є найпоширеніші в районі гранітоїди гайсинського (собітового) комплексу.

Термін собіти ввів у літературу В.М. Чирвинський у 1929 р. Він відзначав широкий перелік об'єднаних під цією назвою порід, які часто мають між собою

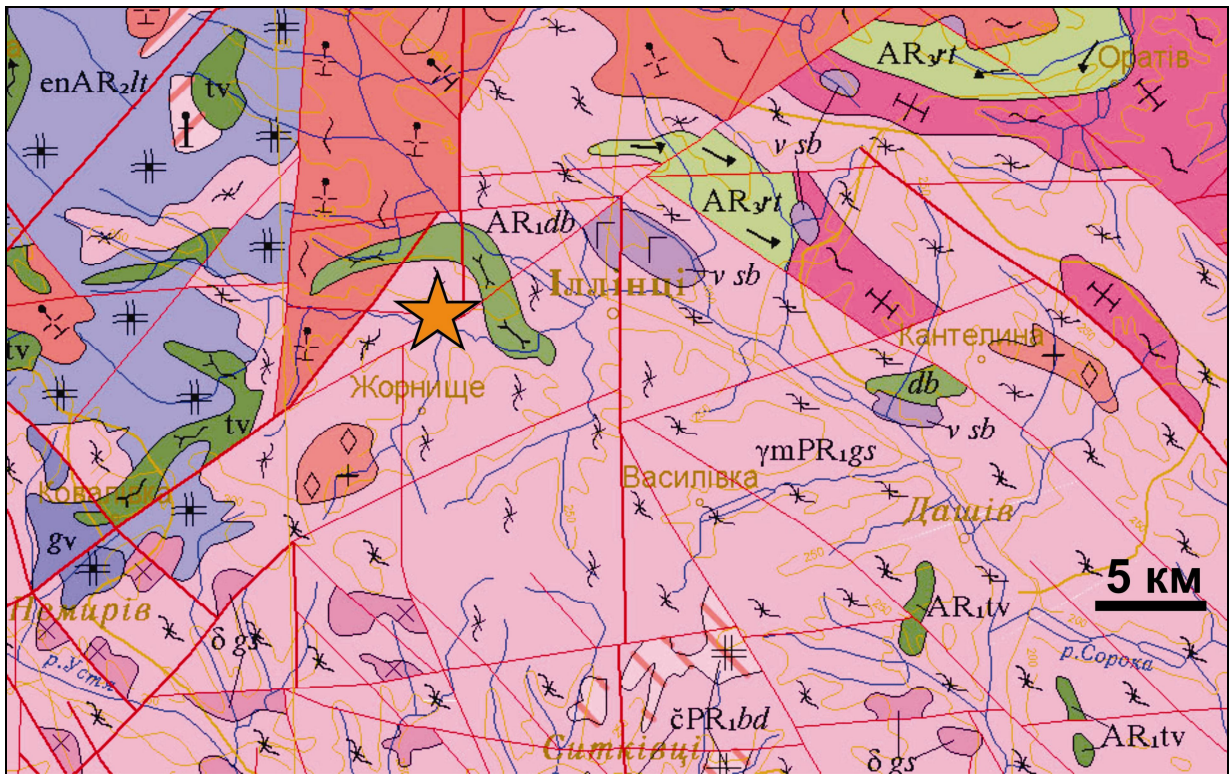


Рис. 4. Геологічна карта району Іллінецького метеоритного кратера (за матеріалами ПДРГП «Північгеологія»).

Умовні позначення: зірочка – Іллінецький кратер; світло-рожевим кольором позначено гранітоїди гайсинського (собітового) комплексу; фіолетовим – ендербіти літинського, червоним – гранітоїди бердичівського і рожевим – гранітоїди уманського комплексів; метаморфічні породи: світло-зелений колір – тиврівська товща, зелений – нерозчленована дністровсько-бузька серія.

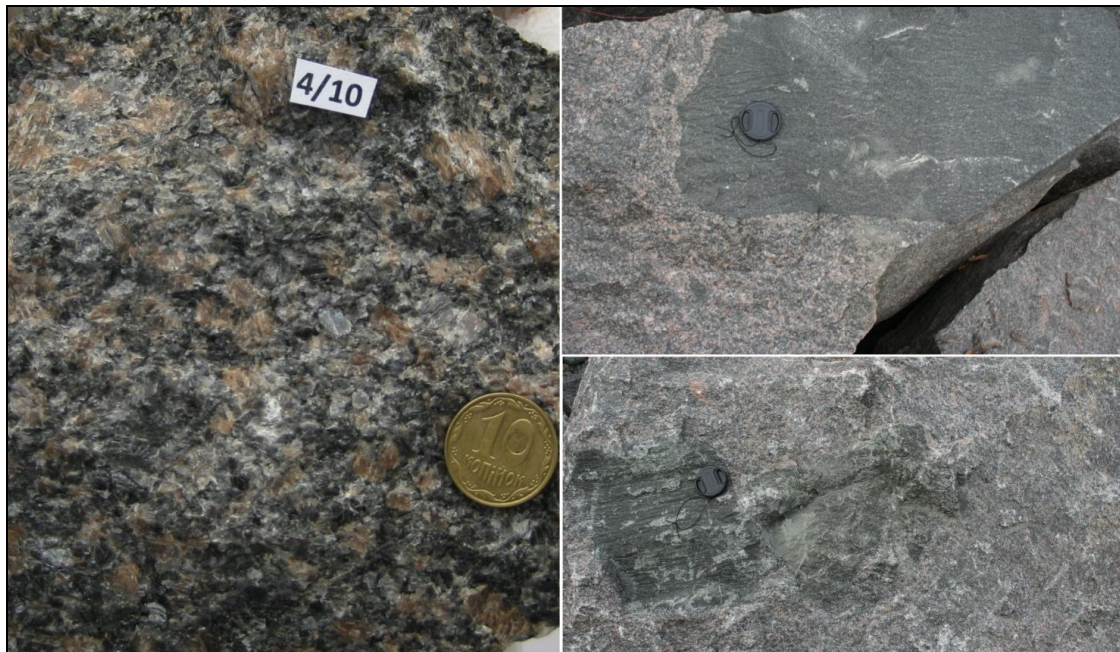


Рис. 5. Породи, розкриті кар'єром в с. Нижча Кропивна: лівише – порфіроподібний граніт, правіше – ксеноліти кристалічних сланців в гранітах.

поступові переходи. Собіти В.М. Чирвинський розглядав як породи, генетично споріднені з чарнокітами.

Таку точку зору підтримували М.І. Безбородько, Ю.Ір. Половинкіна, Л.Г. Ткачук, І.С. Усенко, М.М. Доброхотов. Натомість О.І. Слензак уперше підкреслив, що собіти займають проміжне положення між чарнокітами й мігматитами кіровоградського комплексу. А.М. Лисак і Г.М. Пащенко взагалі вважають, що собіти складають не одну, а дві окремі формації, власне собітову (діорити, гранодіорити, плагіограніти) і уманську (біотитові порфіро-граніти). Окрім названих авторів значний внесок у вивченні цих утворень зробили В.В. Рябоконт та І.Б. Щербаков. Саме за пропозицією І.Б. Щербакова було виділено гайсинський комплекс, представлений асоціацією генетично поєднаних порід від чарнокітоїдів до нормальних двопольовошпатових гранітів: діорити – кварцові діорити – гранодіорити (тоналіти) – амфібол-біотитові граніти – біотитові граніти – рожеві апліто-пегматоїдні граніти (Щербаков, 1975, 2005). У межах одного відслонення зазвичай наявні всі види порід, тому визначити будь-які закономірності в їхньому просторовому розподілі вельми складно. Названі гранітоїди поширені на площі понад 4000 км<sup>2</sup> та відслонюються вздовж долин річок Соб, Південний Буг, у верхів'ях Росі і Роськи. Структурно вони розміщуються в зоні сполучення Росинсько-Тікицького та Дністровсько-Бузького мегаблоків.

Породи комплексу масивні, від середньо- до крупнозернистих, рівномірнозернисті та порфіроподібні, й у відслоненнях створюють враження типових магматичних утворень. Це враження підсилюється наявністю різноорієнтованих, часто округлих ксенолітів. Вони представлені породами дністровсько-бузької серії: піроксенвмісними амфіболітами, двопіроксен-плагіоклазовими кристалосланцями, кальцифірами, залізистими кварцитами, рідко – гранат-біотитовими плагіогнейсами. У гранітах порфіробласти представлені калієвим польовим шпатом, а в більш основних породах – плагіоклазом з характерним сталєво-сірим, майже чорним забарвленням. Апліто-пегматоїдні граніти містять типово гранулітовий блакитно-сірий кварц.

Для визначення часу формування гайсинського комплексу уран-свинцевим ізотопним методом датувався монацит з граніту кар'єра в с. Нижча Кропивна на лівому березі р. Південний Буг (Степанюк та ін., 2017). Кар'єр розташований в 25 км на південний захід від Іллінецького кратера. Продатовані амфібол-біотитові нерівномірнозернисті (до порфіроподібних) граніти (рис. 5), які мають поступові переходи з різною мірою калішпатизованими діоритоподібними породами й гранодіоритами та містять численні ксеноліти кристалосланців, зрідка амфіболітів. Розміри тіл кристалосланців коливаються від перших сантиметрів до декількох метрів, їхня форма зазвичай кутааста. Уся породна асоціація має вигляд еруптивної брекчії, цементом для якої є рожевий порфіроподібний граніт, подібний до уманського.

Структура граніту нечітко порфіроподібна. Порфірові виділення представлені зернами мікрокліну розміром 7–8 мм, що складають приблизно 15 % об'єму породи. Структура загальної маси рівномірно-, середньозерниста із середнім розміром зерен 1,8–3,0 мм. Мінеральний склад породи (в об'єм. %):

плагіоклаз – 40–45, кварц – 25–30, калієвий польовий шпат – 20–24, біотит – 4–6, рогова обманка – 2–3, в акцесорних кількостях є апатит, циркон, сфен, монацит, рудні мінерали. Вторинні мінерали – хлорит, який розвивається по біотиту, серицит і кальцит (по плагіоклазу).

Монацит утворює ізометричні, пампушкоподібні прозорі зерна медово-жовтого кольору. Поверхня зерен здебільшого рівна, блискуча, контури заокруглені. Монацит, за спостереженнями в шліфах, приурочений переважно до мікрокліну.

Хімічний склад гранітів (мас. %):  $\text{SiO}_2$  – 69,45;  $\text{TiO}_2$  – 0,70;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 14,23;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,64;  $\text{FeO}$  – 2,73;  $\text{MnO}$  – 0,04;  $\text{MgO}$  – 1,57;  $\text{CaO}$  – 2,65;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 3,02;  $\text{K}_2\text{O}$  – 3,60;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,12; S – 0,05;  $\text{H}_2\text{O}$  – 0,12; в. п. п. – 0,62; сума – 99,54.

За результатами виконаних досліджень граніти гайсинського комплексу сформувалися близько 2,05 млрд років тому (*Степанюк та ін., 2017*). Зважаючи на те, що кристали монациту просторово приурочені переважно до мікрокліну, отримане значення віку достатньою мірою характеризує процес формування граніту. Отримана ізотопна дата добре узгоджується з часом формування двопольовошпатових гранітів уманського комплексу Росинсько-Тікицького мегаблоку.

Маршрутом екскурсії передбачається відвідування кар'єру поблизу с. Кальник, де розкриті типові породи мішені – гранітоїди гайсинського (собітового) комплексу.

### **Геологічна будова Іллінецького метеоритного кратера**

Іллінецький метеоритний кратер є найдавнішим і значно еродованішим кратером серед відомих імпактних структур УЩ (рис. 3). У його розрізі виділяються чотири головні породні комплекси (*Геологічна будова..., 2013*): цокольний, коптогенний, заповнення і перекриття (рис. 6). У донній та бокових частинах кратера розташовані породи цокольного комплексу – аутигенна брекчія, що складається з подрібнених архей-ранньопротерозойських порід, які зазнали ударного метаморфізму. З глибиною вони поступово переходять у катаклазовані й поступово – в непорушені породи. Цокольний комплекс перекривається коптогенним. Коптогенний комплекс, тобто створений вибухом, складається знизу вгору з алогенної брекчії та імпактитів. Алогенна брекчія – це переміщена порода, що залягає на аутигенній брекчії і складається переважно зі змінених ударним метаморфізмом уламків породи мішені.

Породами мішені під час імпактної події стали вищеописані архей-палеопротерозойські гранітоїди гайсинського типу. Вірогідно, кристалічні породи мали глинисту кору вивітрювання, оскільки алогенна брекчія містить тверді включення запеченої глини.

Імпактити завершують коптогенний комплекс і, в залежності від вмісту скла, поділяються на зювіти (скла до 75%) і ударно-розплавні породи (скла до 100%). Більше 60% об'єму коптогенних порід складає алогенна брекчія, яка майже не містить скла. На ній залягають зювіти з лінзами алогенних і уламками



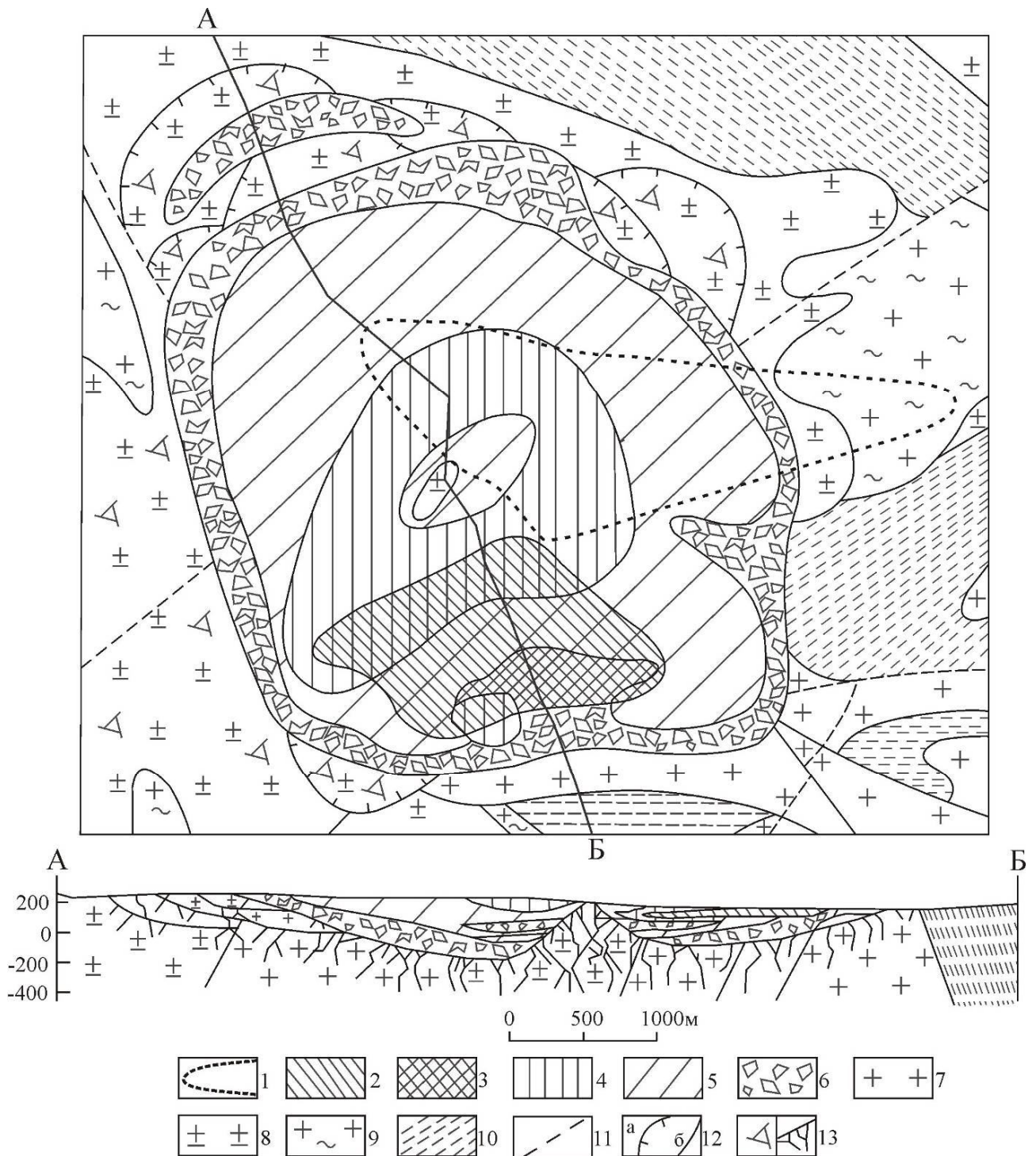


Рис. 6. Схематична геологічна карта (без кайнозойських відкладів) та розріз Іллінецької імпаکتної структури (Геологія астроблем, 1980).

Умовні позначення: 1 – границі площі поширення девонських глин, аргілітів і алевролітів; 2,3 – площа поширення ударно-розплавних порід (2 – під зювітами і кайнозойськими відкладами. 3 – під кайнозойськими відкладами); 4 – зювіти кристаловітрокластичні; 5 – зювіти вітро-кристалокластичні; 6 – алогенна брекчія; 7 – граніти апліт-пегматоїдні; 8 – граніти біотитові; 9 – діорити, кварцові діорити, гранодіоїти (тоналіти), плагіограніти; 10 – гнейси і кристалосланці; 11 – розривні порушення невизначеної морфології; 12 – передбачувані насуви (а – на карті, б – на розрізі); 13 – ударна тріщинуватість (а – на карті, б – на розрізі).

аутигенних брекчій. Серед зювітів трапляються поодинокі лінзи ударно-розплавних порід, потужністю від перших сантиметрів до 46 метрів. Ці породи подекуди називають тагамітами за аналогією з породами, виявленими біля гори Тагамі у басейні річки Попігай.

Утворення коптогенного комплексу перекриваються лінзами девонських аргілітів і елювієм, складеним зцементованою масою зювітів, уламків аргілітів та брекчійованих порід фундаменту. Одна з лінз аргілітів в довжину сягає 3,7 км і орієнтована у широтному напрямку (рис. 6).

На комплексі заповнення залягають неогенові (міоценові) породи, які представлені вторинними каолінами, глинами, пісками, на яких сформувались четвертинні відклади. Середня потужність порід комплексу перекриття на вододілі (у центральній частині структури) становить 13 м, у долині р. Собок зменшується до 3 м.

### **Мінералого-петрографічні особливості імпаکتитів**

Породи і мінерали в процесі імпактного кратероутворення зазнають ударного метаморфізму і ударного плавлення, тому імпактна природа порід та утворених ними споруд вважається достовірною за наявності ознак ударно-метаморфічного походження (Гуров, 2002). Найважливішими особливостями ударного метаморфізму є короткочасність його впливу і генерація надвисоких тисків і температур, які не досягаються в ендегенних процесах.

А.А. Вальтер (1982) з'ясував, що породний і мінеральний склад аутигенної (непереміщеної) брекчії повністю відповідає складу порід фундаменту, які залягають нижче, а в центральній частині структури на дрібний уламковий матеріал припадає приблизно 50 % в складі аутигенної брекчії.

*Аутигенна брекчія* – імпактит непереміщений. Складається з порід дна метеоритного кратера, роздроблених на місці свого залягання з ознаками ударного метаморфізму різного ступеня в залежності від фізичних властивостей порід і відстані від центру удару. Ступінь брекчіювання з глибиною і до периферії структури знижується. Потужність аутигенної брекчії може сягати 150-200 м. Глибину ударного розуцільнення порід фундаменту під Іллінецькою структурою на рівні сучасного ерозійного зрізу можна оцінити в 1 км, тоді, як на час падіння метеориту вона досягала 1,5-2 км. Ці дані збігаються з результатами геофізичного моделювання.

*Алогенна брекчія* – імпактит переміщений. Складається з уламків породи мішені, зцементованих дрібноуламковою масою зерен мінералів з ознаками різного ступеня ударного метаморфізму. Алогенна брекчія в Іллінецькому кратері залягає з поступовим переходом на аутигенній брекчії і виповнює кільцевий жолоб діаметром приблизно 3,2 км. На відміну від аутигенної, алогенна брекчія – це безладне нагромадження брил і уламків різноманітного складу, що вказує на переміщений характер цих утворень. У розрізі Іллінецької структури знизу догори розмір уламків в алогенних брекчіях поступово зменшується, з'являються окремі частинки і подібні до млинців фрагменти скла із включеннями уламків порід і мінералів з чіткими ознаками ударного

метаморфізму. Порода перетворюється на зювіт (рис. 7), який у незміненому вигляді має сірий колір із зеленкуватим чи синюватим відтінком, а в процесі вивітрювання набуває колір від палево-жовтого до бурого. Це міцні породи із брекчієвою структурою, місцями пористі та кавернозні за рахунок вилуговування скла. На фоні палево-жовтої тонкозернистої маси можна спостерігати різноманітні за формою жовто-білі уламки розплавленого скла розміром до 8 см. Зювіти містять значну кількість уламків брекчійованих гранітів, рідше гнейсів розмірами від 1-3 мм до 10-20 см. Уламки мінералів у зювітах представлені польовими шпатами, кварцом, амфіболами, піроксенами, подекуди гранатом. Ці ж тонко подрібнені мінерали утворюють і цементуючу масу породи. У відслоненнях зювіти тріщинуваті та горизонтально-плитчасті. Вміст скла в зювітах становить від 10-45 % у нижньому горизонті (зювіти вітро-кристалокластичні) до 60-75 % у верхньому (зювіти кристало-вітрокластичні). Уламки скла пористі, флюїдальні, за формою нагадують млинці.

Окрім виділень скла неправильної форми у зювітах містяться включення «аеродинамічної» форми, так звані «бомби» (Гуров, 2009). Їхні розміри змінюються від 1-2 до 10-13 см у діаметрі; форма – краплеподібна, куляста, подекуди веретеноподібна; на поверхні спостерігаються своєрідні повздожні борозни і ребра. Зазвичай «бомби» мають зональну будову: внутрішнє ядро складене реліктами глинистих чи кристалічних порід; зовнішня оболонка має прихованокристалічну структуру з включеннями тонкозернистих уламків, контакти з ядром чіткі, нерівні, хвилясті або зубчасті (рис. 8).

*Ударно-розплавні породи* – міцні склоподібні масивні, переважно чорного кольору. В процесі вивітрювання їхній колір змінюється на коричнево-бурий. Завдяки високому (до 90 %) вмісту скла вони мають афанітову структуру. Раніше їх описували як андезидацити та фельзит-порфіри. Ці породи розвинені на трьох ділянках Іллінецької структури: центральній – на схилах центрального підняття близько до контактів із брекчійованими гранітами мішені, східній – серед зювітів східної депресії, виповненої аргілітами і, найбільше – на південній. Розрізи центральної ділянки свідчать, що лінзи ударно-розплавних порід мають круте падіння. У південній частині вони утворюють субгоризонтально-орієнтоване пластове тіло овальної форми, розмірами приблизно  $1,5 \times 1,1 \times 0,035$  км. Контакти ударно-розплавних порід з оточуючими породами поступові і нечіткі. Ударний метаморфізм призводить до змін мінерального складу порід та їхніх текстурно-структурних ознак. Серед новоутворень, характерних для імпактних порід Іллінецької структури, виділяються модифікації кремнезему стишовіт (вірогідно) і коесит (достовірно). Процес також зумовлює виникнення в мінералах планарних (тонких паралельних) тріщин, схожих на спайність (Гуров, 2002). Планарні тріщини виявлено в кварці, польових шпатах, біотиті, амфіболі алогенних брекчій (Valter, 1982, Gurov, 1998). Також спостерігаються конуси руйнування, діаплектове і розплавне скло, плямиста анізотропізація мінералів, смуги зминання у біотиті, геохімічна аномалія іридію тощо (Вальтер, 2008).



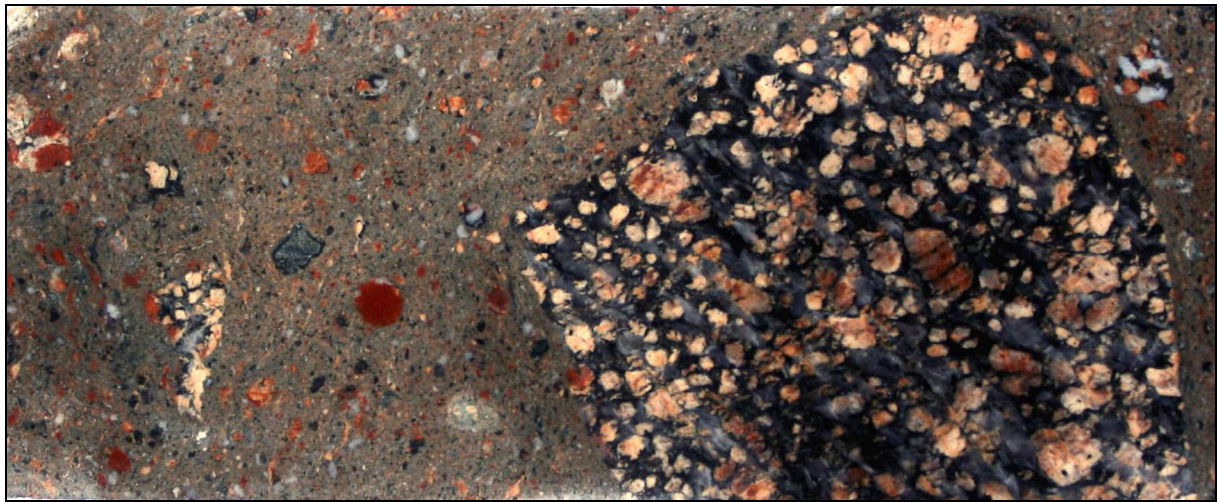


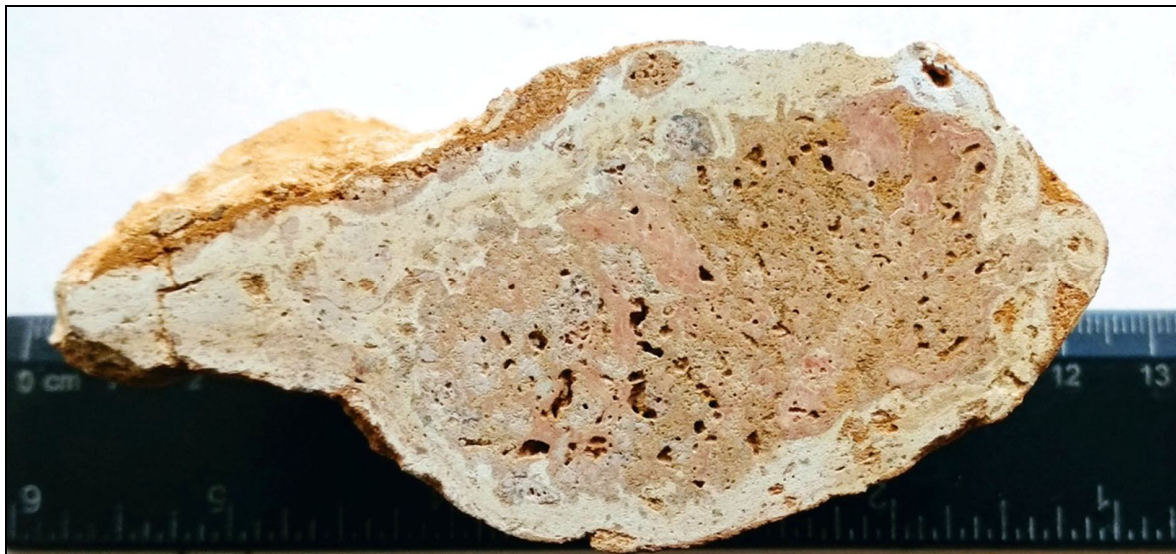
Рис. 7. Зювіти Іллінецької структури у полірованому зразку керну зі свердловини 9Д (гл. 121,2 м). Діаметр керну – 76 мм (Геологічна будова, 2013).



А



Б



В

Рис. 8. «Бомби» з товщі зювітів Іллінецького кратеру. Поздовжній розпил зразків. А – ізометрична «бомба», ядро якої складене ударно-метаморфізованим гранітом, а облямівка – світло-сірим склом; загальний розмір бомби у діаметрі 14 см; Б – слід від бомби у зювіті; В – видовжена бомба з розміром 6 × 13 см. Зразки з колекції Є.П. Гурова.

В уламках гранітоїдів і гнейсів верхнього горизонту аутигенної брекчії з'являються порфірокластичні структури, які зумовлені поширенням інтенсивно деформованих крупних зерен кварцу і польового шпату в облямівках, складених дрібним слюдистим агрегатом чи новоутвореним кварцом у вигляді крустифікації.

А.А. Вальтер (1982) оцінив імпульсний тиск перетворень «калішпат-санідин» у 40-50 ГПа (400-500 кбар), а температуру – у 1500°C. Переважаюча орієнтація кутів між полюсами планарного елемента і оптичною віссю для кварцу (омега-фактор) свідчать про удар за пікового тиску 16-20 ГПа (*Геологія астроблем, 1980*).

Зіставлення середнього складу імпаکتитів і порід цокольного комплексу показує, що для ударно-розплавних порід характерний нижчий у порівнянні із цоколем вміст кремнезему, закисного заліза, магнію, кальцію і натрію і підвищений – оксидного заліза і калію (*Геологічна будова..., 2013*). Найбільш значимою є відмінність за вмістом лугів і заліза. Зокрема ступінь окислення заліза зростає знизу догори, від порід цоколя до ударно-розплавних утворень,

В ударно-розплавних породах у порівнянні з гранітами і зювітами зростає вміст дистену, корунду і графіту – характерних для високобаричних і відновних умов мінералоутворення.

Рудні гідротермальні мінерали – халькопірит, пірит, галеніт, сфалерит, молібденіт, а також нерудні барит і флюорит – поширені однаково рівномірно у всіх різновидах як коптогенного, так і осадового комплексів. Вірогідно, наступні гідротермальні процеси відбувались після завершення формування обох комплексів і пов'язані з кіммерійською тектоно-магматичною активізацією південно-західної окраїни Східно-Європейської платформи.

В породах Іллінецької імпактної структури виявлено металічні та силікатні сфери. Примітно, що кожна із них, навіть за однакових форми і розміру, має індивідуальні склад, тип включень і елементи-домішки. Серед сферул виявлено: сильно магнітні, порожні всередині, за складом магнетитові, магнетит-іоцитові, іоцитові та магнезіоферит-іоцитові; магнітні з кулястим ядром із самородного заліза та оболонкою, складеною іоцитом, або склом, насиченим скелетними кристалами марганцевистої ульвошпінелі; силікатні скляні, що містять включення скелетних кристалів магнетиту, алюмохроміту, шпінелі, іоциту. У самородному залізі наявні мікронні включення когеніту.

### **Час утворення Іллінецької імпактної структури**

Ізотопний вік розплавлених порід Іллінецької структури, на яких залягає алогенна брекчія, за даними  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методу (*Lauri J. Pesonen, 2004*) та результатами палеомагнітних досліджень, які виконані науковцями Гельсінського університету, становить 445 млн років, що відповідає пізньому ордовіку. Саме ця цифра розглядається як найбільш достовірна. Більш ранні визначення (1972 р.) калій-аргоновим методом в ІГФМ (тепер ІГМР НАН України) вказують на вік порід Іллінецької метеоритного кратеру близько 400 млн р. (*Тектоно-магматические структуры..., 1986*).



## МАРШРУТ ГЕОЛОГІЧНОЇ ЕКСКУРСІЇ ДО ІЛІНЕЦЬКОГО МЕТЕОРИТНОГО КРАТЕРА

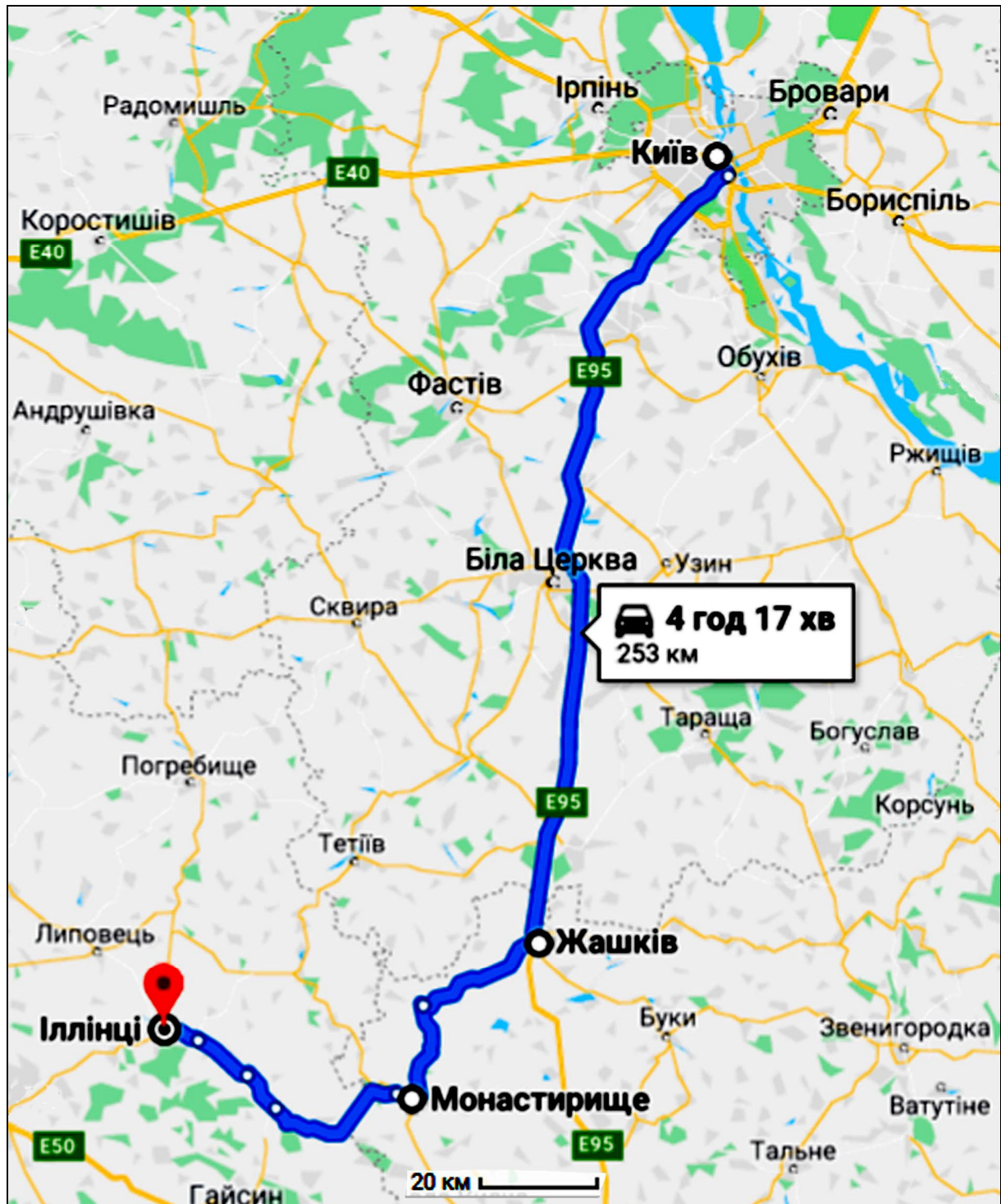


Рис. 9. Загальний автомобільний маршрут геологічної екскурсії  
Київ – Жашків – Монастирище – Іллінці  
(використано карти Google Maps, <https://www.google.com/maps>)

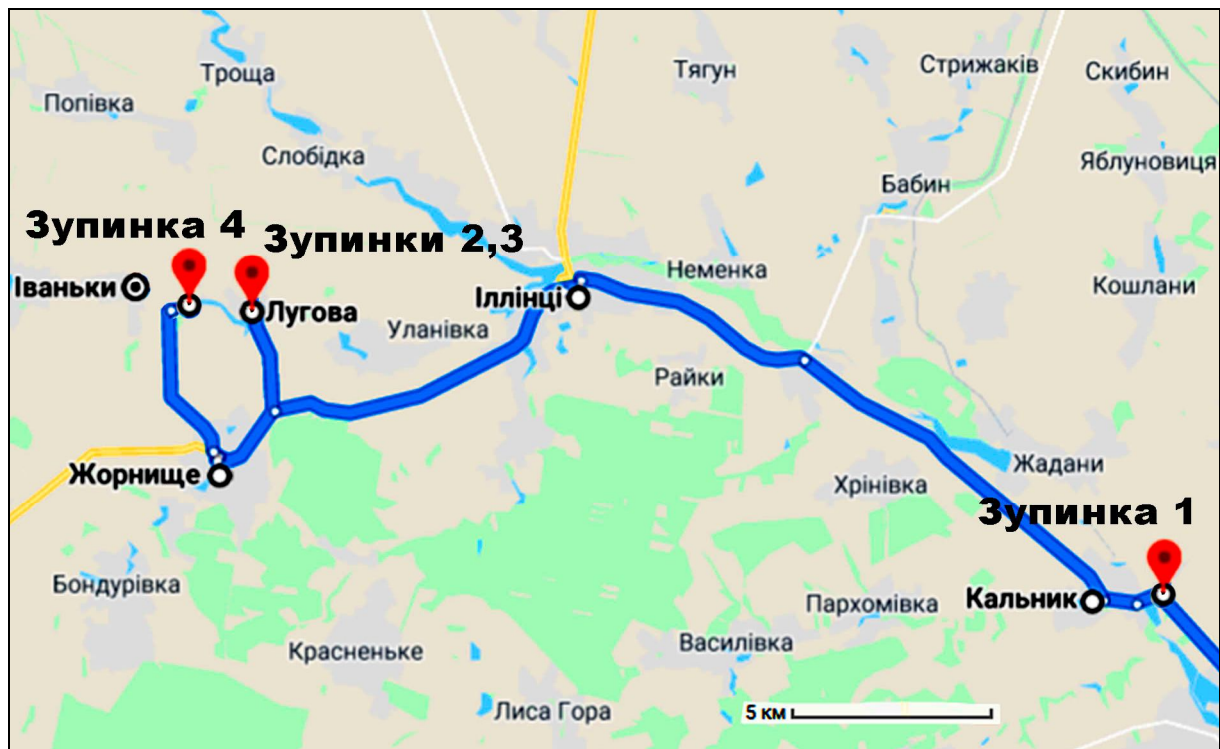


Рис. 10. Схема розміщення зупинок:

(використано карти Google Maps, <https://www.google.com/maps>)

Зупинка 1 – с. Кальник. Затоплений гранітний кар’єр.

Зупинка 2 – с. Лугова. Геологічна пам’ятка природи «Іллінецький кратер».

Зупинка 3 – с. Лугова. Сліди виробництва кам’яних жорен.

Зупинка 4 – с. Іваньки. Геологічна пам’ятка природи «Іллінецький кратер».



**ЗУПИНКА №1**  
**с. Кальник. Затоплений гранітний кар'єр**

В кар'єрі, що розташований на лівому березі р. Соб на східній околиці с. Кальник (рис. 11), розкриті палеопротерозойські гранітоїди гайсинського комплексу. Це типові представники порід мішені. Кар'єр знаходиться східніше від Іллінецького кратера на відстані близько 20 км.



Рис. 11. Кальницький гранітний кар'єр на супутниковому знімку Google.  
Стрілками позначені пункти спостереження та їхній номер.



**А**



**Б**

Рис. 12. Загальний вигляд гранітного кар'єру біля с. Кальник.  
А – вигляд з пункту 1-2 на затоплену основну частину, Б – виїмка.

У 60-х роках ХХ ст. у кар'єрі видобувалися граніти на бут і щебінь. Зараз роботи не ведуться, кар'єр затоплений (рис. 12 А). Доступними для вивчення залишилися два уступи неглибокої виїмки в його південно-східній частині (рис. 12 Б), де, ймовірно, вже після завершення основного промислового виробництва розроблялися граніти в невеликих обсягах для місцевих потреб.

У стінках виїмки відслонюється типова для гайсинського комплексу гранітоїдна асоціація так званих собітів: біотит-амфіболові діорити і гранодіорити, амфібол-біотитові тоналіти і плагіограніти, біотитові двопольовошпатові та апліт-пегматоїдні граніти.

На вході до виїмки в невеликому уступі (пункт 1-1, N49°02'15,80" E29°24'39,50") відслонюються сірі **біотит-амфіболові, біотитові діорити, тоналіти, плагіограніти** масивні, середньозернисті, які заміщуються двопольовошпатовими гранітами. Останні мають рожево-сіре забарвлення та часто плямисту текстуру за рахунок вкраплень мікрокліну. Заміщення відбувається двома шляхами: перший (найбільш поширений) – відносно рівномірне тіньове заміщення; другий – нерівномірне збагачення мікрокліном і кварцом з утворенням мігматитоподібних порід, у яких меланосома представлена слабо зміненими плагіо-, а лейкосома – двопольовошпатовими гранітоїдами. Мінеральний склад гранітоїдів: плагіоклаз-олігоклаз, кварц, біотит, амфібол, мікроклін заміщення. Акцесорні мінерали – апатит, циркон; другорядні та вторинні мінерали – актиноліт, хлорит, карбонат, графіт.

Виділяється декілька етапів діафоричного перетворення гранітів за Р-Т умов регресивної від амфіболітової до зеленосланцевої фації метаморфізму. У ранні етапи відбувалося дроблення породи, що супроводжувалося рекристалізацією контактних зон зерен мінералів при міжкластовому сковзанні за умов стиснення та заповнення біотитом з апатитовою мінералізацією тріщинних порожнин в умовах розтягнення. Кварц пластично деформувався на ділянках стиснення та гранулювався на ділянках зсуву, розпадаючись на субзерна найчастіше із зубчатостою (сутуровою) поверхнею контактів. Про динамічний характер відновлення субзерен кварцу свідчить їхнє хвилясте згасання.

В наступні етапи тектонічного перетворення породотвірні мінерали – плагіоклаз, кварц, біотит, амфібол інтенсивно деформуються (рис. 13), утворюється мережа тріщин, кінк-банди, розриви зерен, повторна рекристалізація контактів зерен. По тріщинах активно проникали вуглекислотні розчини, що призвело до кристалізації кальциту та графіту, а також до заміщення зеленого амфіболу хлоритом та актинолітом.

Подекуди відмічаються поодинокі зерна клінопіроксену, інтенсивніший прояв графітизації та карбонатизації. Графітизація проявляється по тріщинах практично в усіх зернах породотвірних мінералів і супроводжується карбонатизацією. Графіт, кальцит та хлорит утворюють оболонки навколо акцесорних мінералів, або псевдоморфно заміщують їх.





А



Б

Рис. 13. Характер мікродеформацій в біотитових плагіогранітах (пункт 1-1). Тут і далі на фото шліфів розмір довгої сторони кадрів 1,43 мм; ніколи схрещені.

**Двопольовошпатові біотитові граніти** (рис. 14) з крупнозернистою та порфіроподібною структурою містять тектонізовані вкраплення кварц-польовошпатового складу, що облямовуються лінійно-подовженими агрегатами біотиту, завдяки чому структура їх набуває вигляду лепідогранобластової. Польові шпати катаклазовані, внутрішньо тріщинуваті, характеризуються деформацією полісинтетичних двійників плагіоклазу та утворенням плямистої мікроклінової решітки калішпатів та її деформацією. По тріщинах та смугах деформації в польових шпатах розвивається біотит, по мікрокліну на контакті з таблицями плагіоклазу – мірмекіт. Кварц пластично деформується з утворенням смуг деформації та наступним розпадом зерен на субзерна за динамічним відновленням. Подальше перетворення гранітів відбувається з явищами тріщиноутворення, рекристалізації кварцу, деформації та розриву пластин біотиту, локального перерозподілу мікрокліну, виділення по тріщинах карбонату та незначної кількості графіту.



А



Б

Рис. 14. Двопольовошпатові біотитові граніти в шліфах (пункт 1-1).



На протилежній від входу стінці виїмки (пункт 1-2, N49°02'18,10" E29°24'44,00") відслонюються сіро-рожеві та рожеві біотитові, амфібол-біотитові середньозернисті граніти та гранодіорити масивні, порфіроподібні, подекуди неясно смугасті (рис. 15 А). Порфіроподібні вкраплення окремих зерен або агрегатів мікрокліну сягають 4-5 см. Серед гранітів відмічаються поодинокі включення темно-сірих діоритів і кристалосланців, які мають вигляд оплавлених овалів розміром до 25×15 см (рис. 15 Б). Ці породи фактично формують основних фон даної частини кар'єру.

**Амфібол-біотитові граніти і гранодіорити** складаються з головних плагіоклазу, мікрокліну, кварцу, біотиту, вторинних хлориту, графіту, кальциту, акцесорних апатиту і циркону. Структура порід гіпідіоморфнозерниста з максимальним ідіоморфізмом плагіоклазу по відношенню до калієвого польового шпату і кварцу. Присутні елементи деформації породотвірних мінералів, міжзернової рекристалізації у вигляді мікромірмекітових агрегатів на границях таблиць плагіоклазу та калішпатів. Зерна породотвірних мінералів деформовані, характеризуються хвилястим згасанням та наявністю смуг деформації, згинанням двійників росту польових шпатів та пластин біотиту, грануляцією зерен кварцу. Присутня система паралельних залікованих тріщин, що трасуються мікровключеннями, схожими з планарною тріщинуватістю (рис. 16).

У східній стінці виїмки (пункт 1-3, N49°02'16,10" E29°24'43,10") розкриті рожево-бурі двопольовошпатові гранітоїди (рис. 17 А), серед яких відмічаються різної морфології останці сірого кольору розміром до 1,5 метрів, які складені зміненими і тектонізованими амфібол-біотитовими кристалосланцями і гнейсами (рис. 17 Б). Кристалосланці сірі, темно-сірі із зеленуватим відтінком, дрібно-середньозернисті. По периферії останців часто спостерігається біотитова облямівка. За даними геологів Правобережної ГРС у відвалах затопленої частини кар'єру у вигляді брил розміром 2-3 метри відмічалися також останці карбонатно- силікатних порід: від кальцифіру до скаполіт-діопсидової породи.



А



Б

Рис. 15. Граніти та гранодіорити біотитові, амфібол-біотитові (пункт 1-2).





**А**



**Б**

Рис. 16. Ознаки планарної тріщинуватості в польових шпатах і кварцу (пункт 1-2).



**А**



**Б**

Рис. 17. Рожево-бурі двопольовошпатові гранітоїди (А) з останцями амфібол-біотитових гнейсів кристалосланців (Б) (пункт 1-3).



**А**



**Б**

Рис. 18. Біотитові граніти в шліфах (пункт 1-3).

**Біотитові граніти** мають порфіроподібну структуру за рахунок виділень мікрокліну. Основна маса середньозерниста, гіпідіоморфнозерниста з ідіоморфізмом плагіоклазу по відношенню до кварцу та розвитком мірмекітового агрегату на контактах зерен мікрокліну і плагіоклазу. Зерна кварцу як і польових шпатів деформовані, мають хвилясте згасання та розпадаються на субзерна з сутуровою контактовою поверхнею. Мінеральний склад породи (%): плагіоклаз –35, мікроклін–35, кварц –28, біотит, хлорит, графіт –2, кальцит, апатит, циркон.

Кристалосланці та плагіогнейси біотитові різною мірою змінені. Структура порід лепідогранобластова, з елементами порфіробластової. Мінеральний склад (%): порфірокласти мезопертиту – 24 ; основна маса: плагіоклаз–34, кварц –15, біотит –25, хлорит, кальцит, графіт – 1, апатит, циркон.

Як бачимо, в породах на мікрорівні відмічаються інтенсивні багатоступінчасті тектонічні перетворення, деякі з яких можуть бути пов'язані з імпактними подіями, що призвели до утворення Іллінецького кратеру. Особливо важливим у цьому відношенні є вище згадані елементи планарних структур, діагностика яких саме в Кальницькому кар'єрі потребує додаткових досліджень.



## ЗУПИНКА № 2

### с. Лугова. Геологічна пам'ятка природи «Іллінецький кратер»

Ознайомлення з особливостями геологічної будови південної частини Іллінецького метеоритного кратера у кар'єрах та природних відслоненнях. Вивчення різноманітних структурно-текстурних типів імпактитів.

Поблизу с. Лугова на лівому березі р. Собок кар'єрами розкрито ударно-метаморфізовані породи (рис. 19, 20), вік яких становить 445 млн років. Географічні координати головного кар'єра  $N49^{\circ}06'00,04''$   $E29^{\circ}06'24,66''$ .



Рис. 19. Загальний вигляд кар'єра імпактитів до облаштування пам'ятки природи.



Рис. 20. Шароподібний вихід імпактитів в кар'єрі на околиці с. Лугова.



Зазначимо, що імпактити до 60-х років ХХ ст. видобувалися як будівельний камінь для місцевих потреб. Тепер виходи порід Іллінецької структури обладнані як геологічна пам'ятка природи і охороняється законом.

Вважається, що масивний метеорит під тиском 5000 – 8000 атмосфер та за температури понад 3000°C врізався у земну кору до глибини 800 м і вибухнув. За таких умов породи мішені розробилися, частково розплавившись, спеклися і утворили новий комплекс порід – імпактити.

Різні типи імпактних порід утворюються на різних стадіях ударного процесу і в різних частинах імпактної структури. Особливості складу і будови таких порід залежать від їх первинного положення і відстані від центру удару, складу і будови мішені, характеру переміщення матеріалу у процесі кратероутворення і кінцевого положення порід у імпактній структурі (Гуров, 2002).

На поверхню в стінках виробок і днищі кар'єрів виходять змінені алогенні брекчії та зювіти (рис. 21 А, Б), серед яких трапляються «бомби». Породи зазнали гіпергенних перетворень, які проявлені у поширенні манганових, залізистих та глинистих мінералів, зон окварцювання та мілонітизації (рис. 21 В, Г).

Кільцевий вал метеоритного кратеру зруйнований подальшими екзогенними і ендегенними процесами і у сучасному рельєфі не проявлений.



А



Б



В



Г

Рис. 21. Імпактити та характер їхніх гіпергенних змін.



### ЗУПИНКА № 3

#### с. Лугова. Сліди виробництва кам'яних жорен

На території Іллінецького метеоритного кратера виявлено ділянку зі слідами черняхівської культури і ознаками виробництва (рис. 22) кам'яних жорен (Хавлюк, 1980, Климовский, 2011). Зафіксовані дослідниками сліди кирок в давніх виробках, численні знахідки заготовок жорен і їх браку, а також майже шестиметровий шар відходів цього виробництва не залишали ніяких сумнівів щодо функціонального призначення відкритого об'єкту. Його великомасштабну розробку почали ще в III ст. нашої ери племена черняхівської культури і потім вона тривала, ймовірно, з незначними перервами в давньоруські часи. Тут місцеві жителі видобували імпактити і гранітоїди для виготовлення жорен – парних кам'яних кіл, що використовувались в млинах для перемелювання зерна на борошно (рис. 23). Відкриття Іллінецького кар'єру мало важливе значення для вивчення історії виробництва і економіки стародавніх поселень регіону.



Рис. 22. Ділянка видобутку каменю у III столітті нашої ери (черняхівська культура).



Рис.23. Прадавні жорна, які виготовлені із зювітів.



## ЗУПИНКА № 4

### с. Іваньки. Геологічна пам'ятка природи «Іллінецький кратер»

Ознайомлення з особливостями геологічної будови крайової частини кратера, яка розкрита кар'єром (N49°06'04,72" E29°04'41,78") поблизу с. Іваньки на березі р. Собок (рис. 24). Вивчення імпактитів, їх мінералогічних та структурно-текстурних особливостей та гіпергенних змін.

Кар'єром розкриті ударно-метаморфізовані породи, які належать до нижнього комплексу імпактитів Іллінецької структури. Вони представлені алогенною брекчією і зювітами (рис.18, 19).

Протягом багатьох мільйонів років відбувалося руйнування кратера тектонічними і денудаційними процесами. Ці процеси продовжуються і на сучасному етапі. Тому фрагменти метеоритного кратера можна виявити лише за виходами імпактитів у кар'єрах та, зрідка, у відслоненнях. Повсюдно зювіти зазнали значних вторинних перетворень і набули різних відтінків жовтого, бурого, коричневого кольорів.



Рис.24. Загальний вигляд кар'єру поблизу с. Іваньки.



А



Б

Рис. 18. Імпактити різного ступеня гіпергенного перетворення у стінках кар'єру на околиці с. Іваньки.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Быстревская С.С., Земков Г.А., Виноградов Г.Г. Новые данные о строении Ильиннецкого палеовулкана на УЩ. *Геологический журнал*. 1974. Т. 34. Вып. 3. С.123–126.
- Вальтер А.А., Криводубський В.Н., Солоненко В.І. Іллінецька астроблема. *Сучасні проблеми комет, астероїдів, метеоритів, астроблем і кратерів*: Матеріали Першої міжнародної конференції КАММАК 99 / ред. К. Т. Чурюмов. Вінниця, 2000. С. 367–380.
- Вальтер А.А., Рябенко В.А. Ильинецкая структура – взрывной метеоритный кратер. *Геологический журнал*. 1976. № 1. С. 4253.
- Вальтер А.А., Рябенко В.А. Взрывные кратеры Украинского щита. Киев: Наукова думка. 1977. 154 с.
- Вальтер А.А., Гуров Е.П.. Установленная и предполагаемая распространенность взрывных метеоритных кратеров на Земле и их сохранность на Украинском щите. Метеоритные структуры на поверхности планет. М.: Наука, 1979. С. 126-148.
- Вальтер А.А. Земні імпактні алмази: від В. Соболева до наших днів. *Мінералогічний збірник*, 2008. № 58. Вип. 1–2. С. 35–44
- Виноградов Г.Г., Палий Д.П., Германов Б.С. и др. Геологическая карта м-ба 1:50 000 территории листов М-35-107-В, Г. Отчет ГСП № 30 Побужской ГЭ за 1971-1973 гг. К.: Геоінформ, 1973.
- Воронцов-Вельяминов Б.А. Очерки о Вселенной. М.: Наука, 1976. 720 с.
- Геологічна будова та корисні копалини вододілу річок Соб і Гнилий Тікич //Звіт про геологічне вивчення надр території аркуша М-35-XXX (Гайсин) масштабу 1:200 000 Приходько В., Кулик С., Павлюк В., Деркач С. та інші. 2013. Кн.1, 2.
- Геология астроблем. Данилин А.Н., Масайтис В.Л., Мащак М.С. Недр: Санкт-Петербург, 1980. 232 с.
- Гуров Е.П. Импактное кратерообразование на поверхности Земли. *Геофиз. журн.* 2002. № 6. Т. 24. С. 3-35.
- Гуров Е.П. Зональные бомбы Ильинецкой импактной структуры. *Геол. журн.* 2009. № 1. С. 55-62.
- Гуров Е.П., Гожик П.Ф. Импактное кратерообразование в истории Земли, К. 2006. 217 с.
- Гуров Е.П., Гурова Е.П. Импактные структуры на поверхности Земли. *Геол. журн.*, 1987. Т. 47. № 1. С. 117-124.
- Гуров Є.П., Ніколаєнко М.А., Шевчук О.А., Присяжнюк В.А., Ямниченко А.Ю. Кам'янецька імпактна структура – новий ударний метеоритний кратер на Українському щиті. *Геол. журн.*, 2017. № 4 . С. 53-66.
- Ентин В.А. и др. Геофизические аспекты строения и генезиса Ильинецкой структуры: импакт или вулкан? *Геофизический журн.*, 2013. Т35. №1. С. 100-112.
- Ентин В.А. Природные геофизические феномены Украины. Атлас-справочник. Киев, 2012. 76 с.
- Импактные кратеры на рубеже мезозоя и кайнозоя / Ред. В.Л. Масайтис. Л.: Наука, 1990. 185 с.
- Катюк И.Ю. и др. Групповая геологическая съемка м-ба 1 : 50 000 с общими поисками территории листов М-35-119-А, Б; -120-А, В (Гайсин). Отчет геологосъемочного отряда № 39 и Правобережной геодезической партии за 1987-1991 гг., К.: Геоінформ, 1991.
- Климовский С.И., Гуров Е.П. О сырье и масштабах производства древнерусских жерновов с Ильинецкого месторождения. *Восточно-Европейский археологический журн.* 2011. № 5 (12).
- Кольцевые структуры лика планеты. Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Науки о Земле». № 5. М.: Знание, К 62, 1989. 48 с.
- Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита / К.Ю. Єсипчук, О.Б. Бобров, Л.М. Степанюк та ін. К.: УкрДГРІ, 2004. 30 с.

Костенко М.М. Тектонічна будова фундаменту Бузько-Росинського мегаблоку Українського щита. *Геологічний журн.*, 2010. №4. С. 48-57.

Криводубський В.Н., Солоненко В.І., Чурюмов К.І. Іллінецька астроблема – найдавніша на Українському кристалічному щиті. *Вісник Астрономічної школи*. Т. 5. № 1-2. 2004. С. 23-29.

Полный каталог импактных структур Земли [Интернет-ресурс] <http://labmpg.sccc.ru/index.html>

Світова база імпактних структур [Интернет-ресурс] <http://www.passc.net>

Степанюк Л. М., Бухарева К. С., Курило С. І., Довбуш Т. І., Зюльцле О. В. Уран-свинцевий вік за монацитом гранітоїдів гайсинського комплексу (Росинсько-Тікицький мегаблок Українського щита). *Мінеральні ресурси України*. 2017. № 4. С. 3-6.

Тектоно-магматические структуры неогоя (Региональная геотектоника Украины) / Радзивилл А.Я., Радзивилл В.Я., Токовенко В.С. Киев : Наук, думка, 1986. 160 с.

Фельдман В.И. Астроблемы – звездные раны Земли, 1999. / Интернет-ресурс <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/845.html>

Хавлюк П.І. Про виробництво жорен на черняхівських поселеннях Побужжя. *Археологія*, 1980. Вип. 34. № 30-35.

Щербаков І. Б. Петрологія Українського щита. Львів: ЗУКЦ. 2005. 366 с.

Щербаков И.Б. Петрография докембрийских пород центральной части Украинского щита. К. : Наукова думка, 1975. 279 с.

Artemieva N.; Pierazzo E.. The Canyon Diablo impact event: Projectile motion through the atmosphere. *Meteoritics & Planetary Science* 44 (1): 25–42. Bibcode: 2009 M&PS...44...2 5A. doi:10.1111/j.1945-5100.2009.tb00715.x

Earth Impact Database, 2017 [Електрон. ресурс]. — [www.passc.net](http://www.passc.net)

Gurov E.P., Koeberl C., Reimold W.U. Petrography and geochemistry of target rocks and impactites from the Ilyinets Crater, Ukraine. *Meteorit. and Planet. Sci.* 1998. Vol. 33. № 6. P.1317-1333.

Head, J. W.; Fassett, C. I.; Kadish, S. J.; Smith, D. E.; Zuber, M. T.; Neumann, G. A.; Mazarico, E. Global Distribution of Large Lunar Craters: Implications for Resurfacing and Impactor Populations. *Science*.2010. 329 (5998): 1504–1507.

Kelley S.P., Gurov E.P. Boltysch, another end-Cretaceous impact. *Meteoritics and Planetary Science*. 2002. Vol. 37. P. 1031–1043.

Kring D. A. Energy of Impact. Guidebook to the Geology of Barringer Meteorite Crater, Arizona (a.k.a. Meteor Crater), 2nd edition (LPI Contribution No. 2040). 2017. P. 119-120

Lauri J. Pesonen, Dieter Mader, Eugene P. Gurov, Christian Koeberl, Kari A. Kinnunen, Fabio Donadini, Robert Handler Paleomagnetism and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Age Determinations of Impactites from the Ilyinets Structure, Ukraine. *Cratering in Marine Environments and on Ice*. 2004. P. 251-280

Roddy, D. J.; and E. M. Shoemaker. Meteor Crater (Barringer Meteorite Crater), Arizona: summary of impact conditions. *Meteoritics*. 1995. 30 (5): 567. Bibcode:1995Metic.30Q.567R

Shoemaker Eugene M. Meteor Crater, Arizona. Geological Society of America Centennial Field Guide—Rocky Mountain Section: 1987. P. 399–404.

Valter A.A., Dobryansky Yu.P., Lasarenko E.E., Tarasyuk V.K. (1982). Shock metamorphism of quartz and estimation of masses motion in the bases of Boltysch and Ilyinets astroblemes of the Ukranian Shield. *Lunar and Planet. Sci.* 13: Abst. Pap. 13th Lunar and Planet. Sci. Conf., Houston, Tex., March 5-19, 1982. Pt 2., Houston, Tex., P. 819-820.

## НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Національна академія наук України  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка  
Інститут геологічних наук  
Інститут географії  
Національний науково-природничий музей  
Національний університет «Києво-Могилянська академія»

# МАНДРУЮЧИ ІЛЛІНЕЦЬКИМ КРАТЕРОМ

## ПУТІВНИК ГЕОЛОГІЧНОЇ ЕКСКУРСІЇ

в рамках наукової конференції  
**«Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні»**,  
присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення  
імені М.П. Семененка НАН України

### **Автори:**

Деревська К.І., Сукач В.В., Зюльцле О.В., Музичко Т.І., Павлов Г.Г.,  
Павлюк В.М., Пилипчук О.М., Руденко К.В., Сільченко Г.В., Спиця Р.О.,  
Степанюк Л.М.

### **Наукові редактори:**

академік НАН України, доктор геологічних наук О.М. Пономаренко  
доктор геолого-мінералогічних наук Гуров Є.П.

### **Рецензент:**

доктор геолого-мінералогічних наук, професор С.Г. Кривдік

Художнє оформлення: О.Л. Олександров

Підготовка оригінал-макету: В.В. Сукач

В путівнику використані світлини К.І. Деревської, В.В. Сукача, Є.П. Гурова

## Автори

*Деревська Катерина Ігорівна* – доктор геол. наук, професор кафедри екологія природничого факультету НУ «Києво-Могилянська академія», zimkkatya@gmail.com

*Сукач Віталій Васильович* – доктор геол. наук, старший науковий співробітник відділ геології та геохімії рудних родовищ ІГМР ім. М. П. Семененка НАН України, svital@ukr.net

*Зюльцле Олег Веніамінович* – науковий співробітник відділу радіогеохронології ІГМР ім. М. П. Семененка НАН України

*Музичко Тетяна Ігорівна* – начальник геологічного відділу, ПАТ «Укрнафта», tmuzychko11@gmail.com

*Павлов Геннадій Геннадійович* – канд. геол.-мін. наук, старший науковий співробітник відділ проблем алмазозносності ІГМР ім. М. П. Семененка НАН України

*Павлюк В'ячеслав Миколайович* – головний геолог Правобережної геологічної експедиції ДП «Українська геологічна компанія»

*Пилипчук Олена Миколаївна* – провідний геолог УкрДГРІ, nikaasl@gmail.com

*Руденко Ксенія Вадимівна* – канд. геол. наук, старший науковий співробітник відділ геології ННПМ НАН України, rena-li@ukr.net

*Сільченко Геннадій Вікторович* – керівник ПП "ЕККОМ ПЛЮС", геолог, sial202@gmail.com

*Спиця Роман Олександрович* – канд. геогр. наук, в. о. завідувача відділу геоморфології та палеогеографії Інституту географії НАН України, spytsyaroman@ukr.net

*Степанюк Леонід Михайлович* – член-кореспондент НАН України, заступник директора з наукової роботи ІГМР ім. М. П. Семененка НАН України