

УДК 622.271

© І.А. Довгалюк

## **ОСОБЛИВОСТІ УНІКАЛЬНОЇ ГЕОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ІЛЛІНЕЦЬКОГО МЕТЕОРИТНОГО КРАТЕРУ І ЙОГО ПРОМИСЛОВЕ ОСВОЄННЯ**

© I. Dovhaliuk

### **FEATURES UNIQUE GEOLOGICAL STRUCTURE ILLINETSKYI METEORITE CRATER AND ITS INDUSTRIAL DEVELOPMENT**

Наведені особливості тектонічної та геологічної будови основних структур Іллінецького кратеру по результатам геолого-геофізичних даних та технологія промислового видобутку корисних копалин. Розглянута актуальність видобутку корисних копалин в наш час. Представлені технологічні способи освоєння родовища.

Приведены особенности тектонического и геологического строения основных структур Ильинецкого кратера по результатам геолого-геофизических данных и технология промышленной добычи полезных ископаемых. Рассмотрена актуальность добычи полезных ископаемых в наше время. Представлены технологические способы освоения месторождения.

**Введення.** Іллінецький кратер - астроблема, яка розташована в Іллінецькому районі Вінницької області. Астроблема (ударний кратер) – заглиблення, яке утворилось на поверхні космічного тіла в результаті падіння іншого тіла, меншого розміру. Розташована неподалік міста Іллінці в 40 км (на південний схід від м. Вінниці, на вододілі річок Соб і Сибок між селами Лугове Іллінецького району і Іваньки Липовецького району). Вперше астроблему описав як ділянку поширення фельзит-порфірів і позначив на «Геогностической карте Киевской губернии» у 1872 р. ректор Київського університету К.М. Феофілактів. Таким чином, Іллінецька геологічна структура стала одною з перших у світі геологічно досліджених астроблем [1].

Даний кратер виник в результаті зіткнення метеорита з масою близько 40 млн т і діаметром 230-300 м з твердими породами Українського щита (Українського кристалічного масиву). В результаті зіткнення утворився кратер з первинним діаметром близько 7 км і завглибшки до 600-800 м. При падінні він розколовся на три уламки. Один потрапив в той район, де розташовано зараз село Іваньки, решта - в район села Лугове. Вік кратера - близько 400 мільйонів років. Це найстародавній в Європі метеоритний кратер. Іллінецьке родовище зювітів було чи не найбільшим родовищем корисної копалини, за межами Античного світу, розробка якого тривала близько тисячу років. Тривала експлуатація родовища припинилася з нашествям монголо-татар і після того вже ніколи не відновлювалася. Результати ведення розробки на Іллінецькому родовищі знайшли віддзеркалення у ряді публікацій багатьох авторів, відкриття увійшли до праць по геології та археології України.

Іллінецька структура, завдяки непоганому геологічному розташуванню і вивченості свердловинами (55 свердловин, з них 7 глибиною понад 200 м) була полігоном для вивчення ознак ударного метаморфізму мінералів і закономірностей утворення кратерів, це видно на геологічній карті, яка відображена на рис.1.

В Іллінецькому кратері виявлений підвищений, в порівнянні із земним, вміст нікелю, іридію, кобальту в співвідношеннях, характерних для порід, забруднених метеоритною речовиною. У 1974 р. внаслідок досліджень Іллінецького кратера вперше були знайдені алмази (імпактні алмази). Це другий кратер на Землі, де виявлені ці камені. Правда, алмази дуже маленькі, долі міліметра в діаметрі.

У складі каменів з Іллінецького кратера є всі відомі на Землі хімічні елементи. Його буро-коричневими каменями викладена мостова біля села Іваньки. Селяни використовують камені і глину з метеоритного кратера при будівництві споруд. Сусіднє з Луговим село називається Жорнище. Колись з метеоритних каменів там виготовляли найякісніші жорна.

**Мета роботи.** Розглянути будову геологічної структури, можливість промислового освоєння та видобутку корисних копалин.

Всі метеоритні кратери мають приблизно такий же якісний хімічний склад, що і породи Землі. Однак, кількісне співвідношення елементів в них більш відповідає глибинним частинам нашої планети. Найчастіше в таких геологічних структурах, які утворюються в результаті зіткнення метеоритів із земною поверхнею, переважає вміст заліза, кремнія, магнія, нікеля, сірки, калія, кальція та алюмінія.

Іллінецький кратер є найдревнішим і найбільш вивченим із відомих на сьогодні з шести кратерів Українського щита. Розмір його складає 4×5,5 км, а зона розповсюдження має діаметр приблизно 7 км. У розрізі структури виділяються чотири головних породних комплекси: цокольний, коптогенний, а також комплекси заповнення і перекриття.

У дні кратера розташовані породи цокольного комплексу – аутигенна, тобто не переміщена під впливом вибуху брекчії. Вона складається із брекчованих архей-протерозойських порід того ж складу, що і в самій структурі. З глибиною ознаки ударного метаморфізму поступово згасають. створений вибухом, комплекс складається із алогенної (переміщеної) брекчії та імпактитів. Вони завершують у верхніх шарах кратера коптогенний комплекс і, в залежності від вмісту скла (SiO<sub>2</sub>), поділяються на зювіти (вміст скла до 75%) і тагаміти (вміст скла до 100 %). Серед усіх цих порід переважає алогенна брекчія. Вона майже не містить скла і складає більше 60 % об'єму коптогенних порід; на ній залягають зювіти (з лінзами галогенних) і уламками брекчій. Серед зювітів у розрізах свердловин і відшарування ближчі до контакту із брекчіями зустрічаються поодинокі лінзи тагамітів потужністю до 46,4 м.

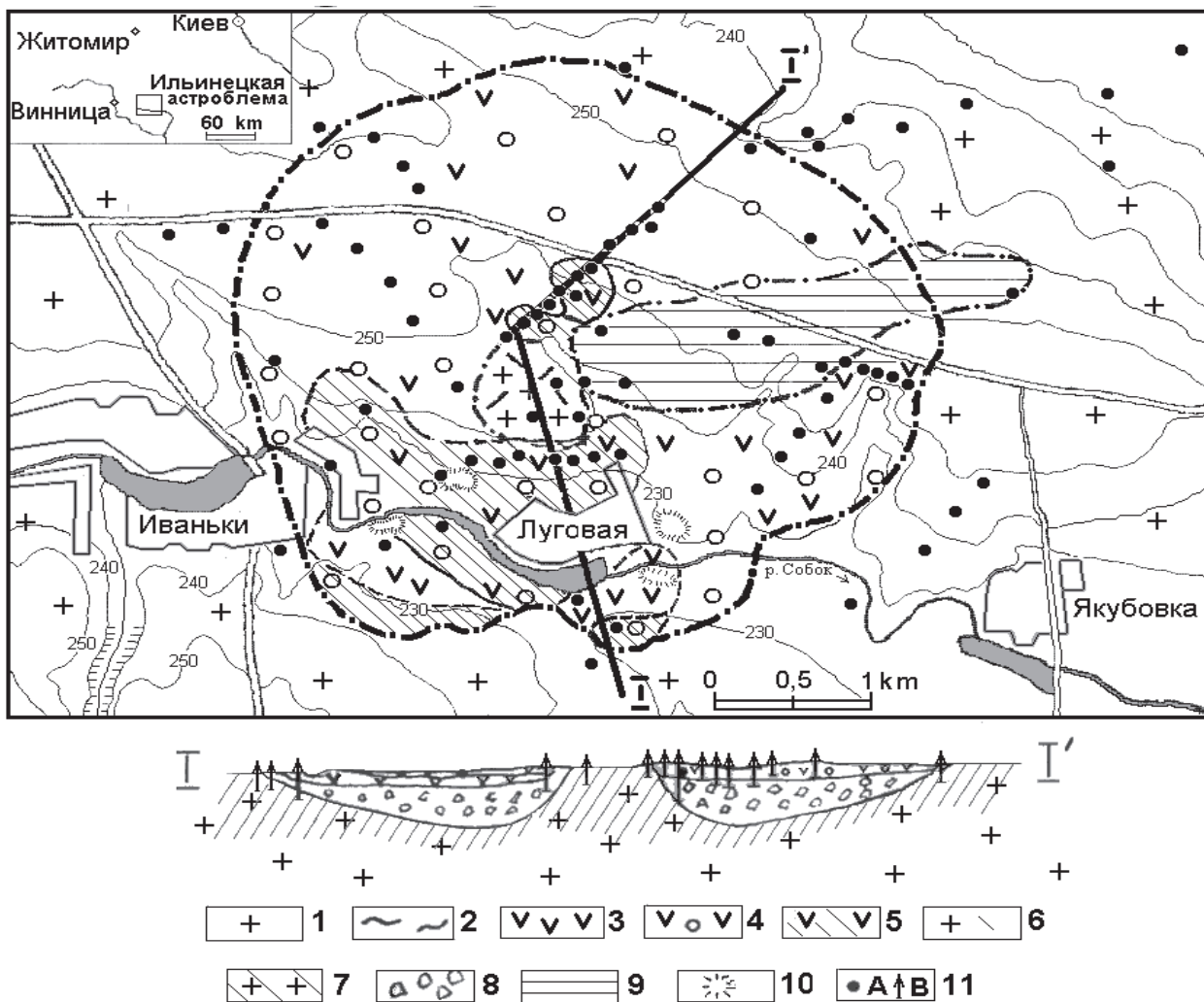


Рис.1. Схематична геологічна карта і розріз Іллінецької астроблеми

Позначення: 1 - гранітоїди (“собіти”); 2 - гнейси; 3 - тагаміти; 4 - зювіти; 5 - поширення тагамітів під шаром зювітів; 6 - брекчовані гранітоїди; 7 - аутигенна брекчія; 8 - алогенна брекчія; 9 - алевроліти та глини кратерних опадів; 10 - відшаровування; 11 - свердловини: А - на карті (точка), В - на розрізі (стрілка)

Видобування корисних копалин, які призначені для подальшого використання у будівництві, завжди буде актуально як в Україні, так і в інших країнах світу, у зв'язку з розвитком мегаполісів, прокладанням нових трас тощо. З гірничих порід певного типу можна отримати потрібні складові для різних сумішей, наприклад бетону, в склад якого і входять аргіліт, зювіт та делювій, які присутні у Іллінецькій геологічній структурі.

Промислова значимість родовища корисних копалин залежить від багатьох факторів, в тому числі від складу руд, загальних запасів, зручності розробки, можливостей до збагачення, транспортних умов. А найголовнішою умовою є потреба ринку в даному виді сировини. В Іллінецькій геологічній структурі переважають будівельні гірські породи, такі як: аргіліт, брекчія, зювіт, тагаміт,

аутигенна глина. Їх запаси у даній геологічній структурі достатні для промислового видобутку. Також на родовищі присутні рідкоземельні компоненти: іридій, нікель, кобальт, золото та імпактні алмази. Нажаль, для промислового видобутку цих рідкоземельних матеріалів, їхньої потужності та запасів недостатньо.

Нерудна промисловість країни займає одне з основних місць у будівельній індустрії. Потреба в нерудних будівельних матеріалах у даний час становить понад 250 млн. м<sup>3</sup> на рік, що за вагою дорівнює близько 0,5 млрд. т. В найближчі роки потужність виробництва нерудних матеріалів значно збільшиться. Україна володіє значними ресурсами нерудних матеріалів. Широкою популярністю користуються гірські породи Українського кристалічного масиву, що тягнеться на 900 км з північного заходу (басейн р. Прип'ять) на південний схід до Азовського моря і займає площу більше 200 тис. км<sup>2</sup>. У цьому масиві знаходяться найбагатші родовища кращих кам'яних порід: гранітів, габро, лабрадоритів, порфіритів, кварцитів, зювітів, аутигенних брекчій, аргілітів та ін.

Породи аргіліту Іллінецького кратеру придатні для використання у виробництві будівельної кераміки, вогнетрмких матеріалів та цементу, в менших кількостях – літійному виробництві, резиновій промисловості, а також для очищення нафтопроводів. Брекчія з родовища використовується для фасадів, підлог, басейнів, мостових, фонтанів, монументів, пам'ятників. В делювію містяться частки золота, олова, вольфраму. Породи делювію використовуються для виготовлення цегли. Зювіт має високі декоративні якості і висока міцність. З них виробляються облицювальні та стінові матеріали, заповнювачі бетону. Ці породи придатні для архітектурних деталей складного профілю. Стіни, які викладені з туфу (зювіту) міцні та теплі, легко обробляються та шліфуються. Глина (аутигенна) родовища має чудові властивості для виготовлення технічної кераміки, а також для виробництва цементу.

Більша частина природних будівельних матеріалів довговічна, атмосферостійка і має гарний зовнішній вигляд. Однак деякі з них володіють властивостями, що обмежують їх застосування: великою твердістю, високою об'ємною масою, а звідси і високим коефіцієнтом теплопровідності. Але такі породи володіють великою міцністю і широко застосовуються в якості облицювання, буту, матеріалу для бетонів тощо.

Величезне значення для будівництва мають пухкі відклади (зювіт, аргіліт, гравій, пісок, глина), які є дешевими природними заповнювачами для бетонів і розчинів, а також деякі різновиди кам'яних порід, так звані пильні, що легко піддаються розпилюванню ріжучими машинами. До таких порід відносяться і вулканічні туфи, які в значних кількостях залягають в Іллінецькій геологічній структурі.

Деякі пильні різновиди гірських порід, наприклад зювіт (вулканічний туф), вапняк, делювій, брекчія поєднують властивості хорошого стінового і облицювального матеріалу. Фасади будівель з цих матеріалів мають гарний зовнішній вигляд і не вимагають додаткової обробки. Застосування легких природних кам'яних матеріалів більш доцільно ніж штучних, так як капітальні витра-

ти на організацію кар'єрного господарства в кілька разів менше витрат на будівництво цегельних заводів і комбінатів з виготовлення будівельних матеріалів. Наприклад, 1 м<sup>2</sup> стіни товщиною в дві звичайні цегли (510 мм), важить близько 900 кг, а стіна з черепашнику при рівних тепло-фізичних показниках буде мати ширину 400 мм з вагою близько 600 кг.

Розвиток промисловості з виготовлення будівельних матеріалів вимагає величезної кількості пористих заповнювачів для легких бетонів, розчинів. Такі заповнювачі можуть бути отримані з вулканічних туфів, аргілітів. Проте природні легкі породи, незважаючи на наявність великих родовищ у деяких районах, порівняно мало використовуються. Тому величезне значення має розвиток видобутку таких гірських порід.

Нерудні мінеральні відходи та супутні породи Іллінецького родовища при видобутку корисних копалин можуть бути перероблені на товарну продукцію, необхідну для будівельної індустрії при невеликих питомих капіталовкладеннях.

У зв'язку з розвитком промисловості нерудних будівельних матеріалів гірничо-видобувні підприємства оснащуються новітнім обладнанням. Наприклад, для виготовлення цегли вже не потрібні величезні заводи, а існують багатофункціональні мобільні установки, які можуть виготовляти цеглу з температурним режимом – запікання, так і під дією тиску – пресування. Таке устаткування вже успішно використовується в Україні, прикладом служить обладнання Джуринського кар'єру (рис. 2).



Рис. 2. Зображення станків-пресів для виготовлення цегли

Для широкого розвитку промисловості нерудних матеріалів кар'єри забезпечуються сучасним буровим, екскаваторним, ріжучим, дробарно-сортувальним та транспортним обладнанням, організовується серійне виготовлення сортувальних установок, класифікаторів та ін.

В сучасних умовах важливим завданням при експлуатації Іллінецького родовища є комплексне використання їх мінералів з вилученням всіх вміщуючих в них корисних компонентів. Для цього потрібно з видобутої корисної копалини шляхом збагачення отримати концентрати або вилучити корисні компоненти, з подальшим використанням їх у промисловому виробництві.

Для економічно-доцільного та технологічного видобування корисних копалин в умовах Іллінецької геологічної структури, потрібно застосовувати саме раціональні схеми відпрацювання родовища корисних копалин. У зв'язку з даними про залягання покладів та потужності корисних копалин, найбільш доцільно буде використання відкритого способу (поверхневого виду) розробки родовища [2].

Розробка Іллінецького родовища повинна здійснюватись з відпрацюванням розкривних порід і корисних копалин відразу на повну потужність покладів, з розміщенням розкривних порід у виробленому просторі кар'єру. Зовнішній відвал розміщується при будівництві кар'єру поблизу нього. Кар'єр при цьому буде мати невелику і відносно постійну глибину (до 60-80 м), невелику виробничу потужність.

Буропідливний спосіб є найбільш ефективним для подрібнення великих обсягів порід. Проте застосування вибухових робіт супроводжується сейсмічною дією на породи і прилеглі будови, шумом, розлітом шматків, нерівномірністю дроблення масиву порід та ін. Завдяки постійно зростаючому прагненню населення до комфортних умов життя визначають нераціональність, а в деяких випадках навіть неприйнятність буро-підливного способу підготовки гірських порід. В цих умовах на кар'єрах будівельних матеріалів все більше застосовують альтернативні технології, що не передбачають застосування вибухових речовин.

Аналіз досвіду механічного розпушування показує, що більшість осадових і метаморфічних порід міцністю до 50-60 МПа може ефективно руйнуватися бульдозерами-розпушувачами з експлуатаційною вагою більше 40 т і потужністю понад 220 кВт. Основним недоліком горизонтального розпушування порід бульдозерами-розпушувачами є те, що процеси розпушування і навантаження зруйнованої породи розділені в часі. Процес буріння в такому випадку виключається, але навантаження зруйнованої породи повинна проводитися екскаваторами, або навантажувачами, тобто вимагає додаткової гірничої техніки. Застосування гідравлічних екскаваторів, обладнаних спеціальним робочим обладнанням, дозволяє поєднати в одній машині процеси руйнування масиву порід і навантаження.

Руйнування масиву оберненою гідравлічною лопатою проводиться шляхом занурення ківша в тріщини масиву і виламування шматків порід поворотом ківша. В такий спосіб забезпечується і селективне виймання порід. Висота вибою, як правило, не перевищує 10 м.

Екскаватори типу обернена лопата можуть використовуватися при безвибуховому вийманні крупноблочного масиву в умовах, де здійснюється руйнування і виймання порід різної міцності. Виймання гірничої маси та її наванта-

ження пропонується здійснювати екскаваторами або колісними навантажувачами.

Приблизно одна третина робочого часу екскаватора при видобутку корисних копалин буде припадати на навантаження зруйнованої породи, а решту часу займає процес руйнування, сортування породи для блоків, дроблення негабаритів, заміна робочих органів тощо [3].

Перевагою щодо вибору екскаватора перед буро-підривним способом є розпушення гірських порід за допомогою змінного навісного обладнання – зрихлювача, що дає можливість безпечно руйнувати міцні породи і виконувати виймально – навантажувальні роботи.

При проведенні буро-підривних робіт у зв'язку з близьким розташуванням села буріння і підривання порід потужними вибуховими речовинами (ВР), неможливо. Руйнування порід гірського масиву, при необхідності, можливе відносно слабкими ВР для зменшення безпечних зон, а контурне підривання буде використовуватися тільки для постановки бортів кар'єра в кінцеве положення. Принципова схема розміщення виймально-транспортного обладнання в кар'єрі Іллінецького родовища наведена на рис. 3. Праметри кар'єра: довжина – 850 м, ширина – 325 м, глибина – 60 - 80 м.

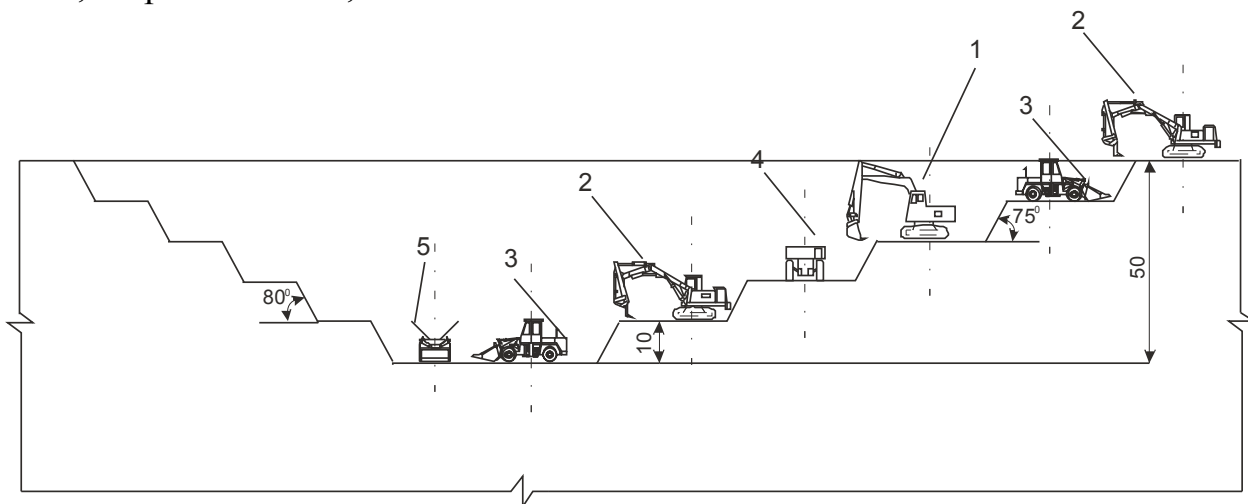


Рис. 3. Принципова схема розміщення виймально-транспортного обладнання в кар'єрі Іллінецького родовища: 1 - гідравлічний екскаватор "обернена лопата"; 2 - гідравлічний екскаватор з ріжучим робочим органом; 3 - фронтальний колісний навантажувач; 4 – автосамоскид; 5 – конвейер з приймальним бункером

Встановлена висота робочого вибою буде складати 8-10 м. Для такої висоти вибою, найкраще, для навантаження гірської маси та покращення продуктивності, використовувати фронтальні навантажувачі з ємністю ківша від 6 м<sup>3</sup>.

У комплексі з гідравлічними одноківшевими екскаваторами та навантажувачами, в умовах Іллінецького родовища, найбільш раціонально застосування автомобільного транспорту в зв'язку з середньою відстанню транспортування

гірських порід - 0,8 – 1,5 км. В подальшому, у зв'язку із пониженням ведення гірничих робіт, можливе використання конвеєрного транспорту.

Згідно з досвідом роботи кар'єрів на родовищах з видобутку будівельних матеріалів при потужності підприємства 100 тис.м<sup>3</sup> використовують однокішіві екскаватори "обернена лопата" з ємністю ківша 1,8 – 2,7 м<sup>3</sup> у комплексі з автосамоскидами вантажопідємністю 12-25 т. Колісні навантажувачі можуть використовуватись, як самостійне обладнання для переміщення гірської маси до дробарно-сортувального заводу, або у комплексі з конвеєрним транспортом. Комплексна механізація гірничих робіт на кар'єрі Іллінецького родовища буде подібна тій, що наведена попереду.

#### **Висновки:**

1. Геофізичні дослідження вказують на ряд особливостей будови, які зближують Іллінецьку структуру з експлозивно-вулканічними утвореннями, а петромагнітні методи дослідження засвідчили довготривалу, мінімум 50 млн років, і багатоетапну історію розвитку родовища. Вивчення цього унікального природнього утворення дозволяє запропонувати ефективну технологію його розробки.

2. Для Іллінецького родовища доцільно буде використовувати транспортну систему розробки. Для виймання гірничої маси та подальшої її транспортування, пропонується використання екскаваторів з ємністю ківша 1,8 – 2,7 м<sup>3</sup>, екскаватори-зрихлювачі, колісні навантажувачі та автомобільний транспорт, який у подальшому може бути замінений на конвеєрний. Згідно досліджень геологічної будови Іллінецького родовища та розповсюдження шарів корисної копалини для селективного виймання різновидів порід, а також виходячи з робочих параметрів сучасного обладнання, що використовується на подібних кар'єрах, висота вибоїв не повинна перевищувати 10 м.

#### **Перелік посилань**

1. Геологічний звіт "Іллінецька структура". Керівник Павлюк В.М. Правобережна геологічна експедиція Біла Церква, 2012.– 37 с.
2. Буянов Ю.Д., Краснопольский А.А. Разработка месторождений нерудных полезных ископаемых. Учебник для техникумов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.- Недра.- 1980. – 431 с.
3. Анисимов О.А. Технология строительства и разработки глубоких карьеров: Монография/О.А. Анисимов – Д.-Национальный горный университет.- 2015. – 272 с.

#### **ABSTRACT**

**Purpose.** To consider the structure of the geological structure, the possibility of industrial development and mineral extraction. To restore features of tectonic and geological structure of the main structures Illinetskyi crater on the results of geological and geophysical data and technology of industrial mining. To consider the relevance of mining in our time. To introduce technological methods of field development

**Findings.** Geophysical studies indicate a number of characteristics of the structure. Illinetskyi the study of geological structures allows us to offer effective technology for its development. The study of this unique natural formation allows us to offer effective technology for its development



**The methods of research.** The article used the methods of experimental and theoretical and theoretical level. These research methods help not only to gather facts but to test them, to systematize, to identify non-random dependencies and determine cause and effect, and allow you to produce a logical study of the facts gathered to develop concepts and judgments, draw conclusions and theoretical generalizations.

**Practical implications.** Breed field intended for future use in construction, it will always be as important in the Ukraine and in other countries, in connection with the development of cities, construction of new roads. From rocks of a certain type, you can obtain the necessary ingredients for the various mixes, such as concrete, the composition of which includes claystone, suvt and delovi that are present in Illinets'ke geological structure

**The originality** lies in the study of this unique natural formation with a view to its industrial development, since the field contains many useful components, including rare earth components

**Keywords:** *astrobleme, crater, non-metallic minerals, suvt, breccia, backhoe prilowec, buzuibugui method, face, field, mountain weight*

УДК 622.273.217.4

© О.М. Кузьменко, М.В. Петльованій

## **СТІЙКІСТЬ ШТУЧНОГО МАСИВУ ПРИ ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ ПОТУЖНОГО РУДНОГО ПОКЛАДУ НА ВЕЛИКІЙ ГЛИБИНІ**

© А. Kuzmenko, M. Petlovanyi

## **STEADINESS OF ARTIFICIAL MASSIF DURING UNDERGROUND MINING OF THICK ORE DEPOSIT ON A DEEP DEPTH**

Приведені результати математичного моделюванням напруженого стану гірського масиву при розробці потужного крутого рудного покладу системами з високими очисними камерами та твердочим закладанням виробленого простору. Встановлено розташування областей нормальних напружень при різній міцності штучного масиву та глибину їх поширення за нелінійною залежністю.

Приведены результаты математического моделирования напряженного состояния массива при разработке мощной крутой рудной залежи системами с высокими очистными камерами с твердеющей закладкой выработанного пространства. Установлено расположение областей нормальных напряжений при разной крепости искусственного массива и глубину их распространения по нелинейной зависимости.

**Актуальність роботи.** Підземна розробка рудних родовищ, представлених потужними покладами якісної руди, що залягають в складних гірничо-геологічних умовах (обводненість, нестійкі вміщуючі породи, до тривалого відслонення, необхідність збереження поверхні під важливими промисловими об'єктами), супроводжується закладкою виробленого простору.