

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

_____ (інститут)
_____ Геологорозвідувальний факультет _____
(факультет)
Кафедра _____ Геології і розвідки родовищ корисних копалин _____
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня _____ бакалавр _____
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента _____ Бодряго Єлизавети Альбертівни _____
(ПІБ)

академічної групи _____ 184-17 ск -2 _____
(шифр)

спеціальності _____ 184 Гірництво _____
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою _____ «Гірнича геологія» _____
(офіційна назва)

на тему Комп'ютерне моделювання лабораторних препаратів для поглибленої інтерпретації геологічних даних на прикладі пегматитів Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита _____
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Хоменко Д.Ю.			
розділів:	Бодряго Є.А			
Загальний	Хоменко Д.Ю.			
Спеціальний	Хоменко Д.Ю.			

Рецензент	Дичковский Р.О			
------------------	----------------	--	--	--

Нормоконтролер	Хоменко Н.В.			
-----------------------	--------------	--	--	--

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

геології і розвідки родовищ _____

корисних копалин _____

(повна назва)

Савчук В.С.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня _____ бакалавр _____
(бакалавра, спеціаліста, магістра)**студенту Бодряго Єлизаветі Альбертівні академічної групи 184-17ск-2
(прізвище та ініціали) (шифр)спеціальності 184 Гірництвоза освітньою-професійною програмою «Гірнична геологія»
(за наявності)на тему Комп'ютерне моделювання лабораторних препаратів для поглибленої інтерпретації геологічних даних на прикладі пегматитів Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щитазатверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 04.05.2020 № 254с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Геологічна вивченість Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку	04.05.2020-14.05.2020
Спеціальний	Методика проведення досліджень.	14.05.2020-31.05.2020
	Результати отримання покровових зрізів сферичного штуфа та його комп'ютерне моделювання	31.05.2020-13.06.2020
	Аналіз внутрішньої будови сферичного штуфа та його об'ємна модель	13.06.2020-22.06.2020

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Хоменко Д.Ю.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії

22.06.2020

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Бодряго Є.А.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 55 с., 38 рис., 3 додатки, 15 джерел.

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА, МІНЕРАЛИ, ПЕГМАТИТ, 3D МОДЕЛЮВАННЯ,
ПРОГНОЗ, ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗРУДЕНІННЯ

Об'єкт досліджень – пегматити Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита.

Предмет – характер просторового розподілу мінералів та тріщинуватості у лабораторному препараті (сферичному штуфові).

Мета – апробація методики сфераграфічної томографії та створення комп'ютерної 3D моделі розповсюдження мінералів у сферичному штуфові.

Результати та їх новизна - виготовлено експериментальний сферичний штуф, застосована методика об'ємної 3D візуалізації програмного комплексу ZDS MAX 2020, створено оцифровану об'ємну модель штуфа для вивчення.

Актуальність роботи пов'язана з провадженням методу сфераграфічної томографії для вивчення мінерального складу, тектонічних порушень, а також за необхідності деталізації геологічної будови рудних тіл родовищ корисних копалин та визначення розповсюдження в них зруденіння.

Сфера застосування – удосконалення лабораторних методів мінералого-петрографічних досліджень.

Практична цінність полягає у використанні отриманих результатів при прогнозуванні перспективності зруденіння.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ГЕОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАЗАВЛУЦЬКОГО ПЕГМАТИТОВОГО ПОЛЯ СЕРЕДНЬОПРИДНІПРОВСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА.....	7
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
2.1 Функціональна характеристика програмного комплексу 3DS MAX 2020.....	25
2.2 Методика отримання лабораторного препарату - кам'яної сфери (сферичного штуфа).....	26
2.3 Методика механічної обробки сферичного штуфа на свердлильному верстаті.....	29
2.4 Методика отримання серійних зрізів штуфа та фото фіксації.....	29
2.5 Методика створення 3D моделі в програмному комплексі 3DS MAX 2020.....	29
3 РЕЗУЛЬТАТИ ОТРИМАННЯ ПОКРОКОВИХ ЗРІЗІВ СФЕРИЧНОГО ШТУФА ТА ЙОГО КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	38
4 АНАЛІЗ ВНУТРІШНЬОЇ БУДОВИ СФЕРИЧНОГО ШТУФА ТА ЙОГО ОБ'ЄМНА МОДЕЛЬ.....	40
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51
ДОДАТОК А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	53
ДОДАТОК Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	54
ДОДАТОК В Рецензія.....	55

ВСТУП

Представлення геологічної інформації у об'ємному вигляді сприяє ефективності візуалізації розподілу у просторі мінералів та корисних компонентів. В світовій практиці починаючи з 2015 року стало відомо про спроби об'ємної візуалізації за допомогою рентгенівських променів. Так, фінським геологічним об'єднанням в 2015 році зареєстрована компанія GTK, яка за академічний державний грант Фінляндії розробила XCT device, а в червні 2017 році зареєструвала перший X-RAY томограф: GE phoenix v|tome|x s 240. Принцип роботи даного обладнання засновано на рентгенівських променях, які проходячи крізь гірську породу змінюють швидкість свого проходження, ці зміни фіксуються в авторській комп'ютерній програмі, та алгоритм закладений в програмному забезпеченні компонує однойменні за швидкістю сигнали і відображає об'ємну модель окремо взятого компоненту. Для реалізації такого результату рентгенівська установка повинна зробити від 1000 до 2000 сканувань.

Дана технологія, за свідченням самих розробників, має безліч недоліків – так для якісного аналізу необхідна закладати щільні кристалічні, тектонічно стабільні, крупнозернисті породи у вигляді керну. Обладнання добре фіксує рудоносну складову порід, але відображає вміщуючи породи з великим показником «шуму» та не відтворює кожен з них окремо, що унеможливило характеризувати вміщуючи товщу без додаткової апробації.

Методика сферографічної томографії хоча і не є абсолютно комп'ютеризованою та автоматизованою надає набагато ширші можливості для вивчення. Адже, в процесі підготовки лабораторного препарату є можливість отримати аншлифи, тонкополіровані зрізи, матеріали для виготовлення шліфів, а найважливішим є те, що всі лабораторні препарати отримані в ході цього процесу будуть орієнтовані в просторі. В цьому і

полягає актуальність даної роботи. Єдиним недоліком даної методики можна вважати не можливість її використання при розвідці розсипних родовищ.

Об'єкт досліджень – мінерали пегматитів Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита та розповсюдженість складових компонентів в них.

Основним завданням є отримання об'ємної 3D візуалізації штуфа завдяки комбінації методів виготовлення кулеподібних форм, та їх механічної обробки на каменеобробних верстатах, а також методики об'ємної 3D візуалізації за допомогою програмного комплексу 3DS MAX 2020, охарактеризувати розповсюдження мінералів в зразку з можливістю пошарової демонстрації складових зразка.

Мета – апробація методики сфераграфічної томографії та створення комп'ютерної 3D моделі розповсюдження мінералів у сферичному штуфові.

Практична цінність полягає у використанні отриманих результатів при прогнозуванні перспективності зруденінь, комбінуванні методик геологічного вивчення корисних копалин та методики сферичної томографії.

1 ГЕОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ БАЗАВЛУЦЬКОГО ПЕГМАТИТОВОГО ПОЛЯ СЕРЕДНЬОПРИДНІПРОВСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Базавлуцьке пегматитове поле розміщене в межах Саксаганського (Базавлуцького) граніто-гнейсового купола і охоплює площу біля 300 км². Пегматити поля порівняно добре відслонені на берегах Базавлука і Базавлущка та їх приток. Вони утворюють серії згідних, субзгідних і січних загальної сланцюватості плитоподібних жил, але досить часто зустрічаються у вигляді безформних і округлих тіл. Потужність пегматитових тіл коливається в межах від декількох десятків сантиметрів до 3-5-ти метрів, а то і більше – 10- 15 метрів, протяжність їх також широко коливається і складає від перших метрів до 100 м і більше. Дослідження пегматитів проведені в центральній частині Базавлуцького гранітогнейсового купола, а також, частково, досліджені пегматити західної і північної частини купола.

Пегматити тут представлені кварц-польовошпатовими керамічними різновидами, що очевидно можуть належати до утворень різних гранітних комплексів. При цьому встановлено, що пегматити центральної частини купола досить різко відрізняються від пегматитів периферійної частини купола за морфологією пегматитових жил, складом, внутрішньою структурою та геохімічною спеціалізацією [1].

Пегматити периферійної частини купола за вказаними ознаками подібні до пегматитів, які розміщуються безпосередньо в межах гранітних масивів обрамлення, складених утвореннями Саксаганського, Сурського, Токівського, Демуринського і Мокромосковського комплексів, і здебільшого знаходяться в зонах екзоконтактів цих масивів, а тим самим їх зв'язок з гранітами вказаних комплексів є незаперечним.

Пегматити центральної частини купола є досить різноманітними за складом, структурною позицією і генезисом. Вони не мають чіткого зв'язку з

гранітними масивами та утворюють протяжні серії жил та шліроподібних безформних виділень, які представляють значний, а в ряді місць повний об'єм неосомової гранітоїдної маси мігматитової товщі об'єднуючись місцями в досить широкі скупчення з насиченням метаморфічної товщі пегматитами до 50%. Ці пегматити апріорі, виходячи із загальних уявлень про розвиток куполів в межах Середньопридніпровського мегаблоку, нами пов'язуються із формуваннями дніпропетровського комплексу.

За петрографічним складом пегматити є кварц-плагіоклазовими, кварцмікрокліновими, кварц-плагіоклаз (альбіт-олігоклаз)-мікрокліновими різновидами. Для них характерні акцесорні магнетит, ільменіт, лейкоксен, сфен, муасаніт, гранат, циркон, циртолїт, пірит, апатит, у кварц-плагіоклаз-мікроклінових пегматитах встановлено ксенотим. Вмісти рідкісних і рідкісноземельних елементів в пегматитах досягають значень на рівні фонових для гранітів. Максимальні вмісти за спектральним аналізом (в п x10-3%): берилію – 0,1; ітрію – 2; ітербію – 0,2; цирконію – 20; літію – 3; лантану – 2; ніобію – 1,5; атомно-адсорбційним аналізом тантал і цезій в них не виявлено [1].

Середньопридніпровський мегаблок розташований у південно-східній частині Українського щита, його трактують як класичну граніт-зеленокам'яну область. В його будові беруть участь два структурно-формаційні комплекси, які просторово утворюють єдину купольно-трогову мегаструктуру: плагіограніт-амфіболітовий і тоналіт-зеленокам'яний. Вирізняється також найдавніший чарнокіт-гранулітовий славгородський структурно-формаційні комплекси, який сьогодні вивчений недостатньо. У його складі, зазвичай, виокремлюють невеликі тіла супракрустальної гіперстенової гнейсо-кристалосланцевої і плутонометаморфічної гнейсо-ендербітової формацій.

Пегматитові поля Середньопридніпровського пегматитового району. Середньопридніпровський пегматитовий район охоплює однойменну мегаструктуру Українського щита[2,3,4,5-10].

Плагіограніт-амфіболітовий структурно-формаційні комплекс складений гнейсово-кристалосланцево-амфіболітовою породною асоціацією аульської серії, ультраметаморфогенним плагіограніт-мігматитовим дніпропетровським та інтрузивним базит-ультрабазитовим олександрівським комплексами палеоархею [2,3,4,].

У складі комплексу виокремлюють два поліформаційні шари: нижній – кристалосланцево-гнейсова, гнейсово-граніт-плагіогранітова та плагіогранітова формації; верхній – кристалосланцево-амфіболітова та гнейсово-діорит-плагіо-гранітова.[2]. Ультраметаморфічні плагіогранітоїди дніпропетровського комплексу, які гранітизують і мігматизують метавулканогенно-осадові відклади аульської серії, представлені біотитовими, амфібол-біотитовими плагіогранітами та плагіомігматитами. Пов'язані з ним пегматити досить поширені в купольних структурах, де утворюють серії субзгідних, подекуди січних жил, складених високотемпературними слабо диференційованими, без характерних для пегматитів дрібнозернистих контактних змін різновидами керамічних пегматитів, здебільшого ультраметаморфічного походження[2].

Пегматити представлені високотемпературними слабо диференційованими ультраметаморфічними різновидами керамічних пегматитів. За складом це кварц-олігоклазові, кварц-мікроклін-олігоклазові, кварц-мікроклін-(альбіт-олігоклазові) відміни пегматитів з біотитом і мусковітом та з укрій рідкісними акцесорними мінералами (монацит, циркон). Зональності в них зовсім немає, і вони представлені порівняно одноманітними тілами пегматоїдної структури без характерних для інтрузивних пегматитів дрібнозернистих контактних зон, або ж наявні декілька зон різного ступеня розкристалізації. Найчастіше є зони: письмового граніту, пегматоїдна, блокового кварцу і мікрокліну. Наявні тіла дрібнозернистих аплітів, які також подекуди розвинуті на подовженні пегматитових тіл. Серед пегматитів налічують багато січних і субзгідних жил

пегматитів, які містяться, головню, в межах амфіболітів та основних сланців аульської серії. Ця група пегматитів, найвірогідніше, переміщена з глибших горизонтів і відокремлена від середовищ ультраметаморфогенних гранітоїдів. Формування пегматитів у межах основних порід можна пояснити більшою тугоплавкістю та вищою жорсткістю останніх, що сприяло, за незначних стресових напруг, появі великої кількості тріщин. [2,3,4]

Другий період гранітоутворення тісно пов'язаний зі становленням зеленокам'яних структур, він більше диференційований за гранітним магматизмом. Серед гранітоїдів, пов'язаних з цим етапом, виділяють сурський, саксаганський, демуринський, токівський та мокромосковський комплекси. Сурський та саксаганський інтрузивні комплекси містяться у складі тоналіт-плагіогранітної формації [4]. Формування плагіогранітоїдів відбувалося протягом двох фаз. Перша фаза – вкорінення великих тіл тоналітів і плагіогранітів у приконтартових зонах зеленокам'яних структур; друга фаза – вкорінення жил і дайок плагіограніт-порфірів, ріолітів, ріодацитів, які розташовані в межах зеленокам'яних структур. Вік плагіогранітоїдів сурського комплексу - 3 170-2 960 млн. років. Плагіограніти й тоналіти є типовими утвореннями зеленокам'яного етапу розвитку. Їхні масиви закартовано навколо різних зеленокам'яних структур Середнього Придніпров'я. У Сурській, Чортомлицькій, Софіївській структурах виділено і «внутрішньозеленокам'яні» масиви плагіогранітоїдів. Безпосередні взаємини між тоналітами та плагіогранітами сурського комплексу не простежені. На площі поширення тоналітів фіксують підвищений вміст ксенолітів вмісних амфіболітів сурської світи [4]

Тоналіт-зеленокам'яний структурно-формаційні комплекс представлений метаосадово-вулканогенними породами конкської і білозерської серій, що разом з когенетичними їм інтрузивними комплексами утворюють специфічні вулканоплутонічні асоціації, якими складені зеленокам'яні структури. Стратигенна складова комплексу (відклади конкської та білозерської серій)

виповнює просторово розмежовані синклінальноподібні структури, до периферійних частин яких приурочені інтрузивні гранітні масиви, у складі яких провідна роль належить плагіогранітам і двопольовошпатовим гранітам. [4].

Нестратифікована складова тоналіт-зеленокам'яного структурно-формаційного комплексу представлена гранітоїдами Сурського, Саксаганського, Демуринаського, Мокромосковського і Токівського комплексів [4].

У структурі Середньопридніпровської граніт-зеленокам'яної області виділяють три зеленокам'яні пояси. На заході області в субмеридіональному напрямі простягається Криворізько-Кременчуцький зеленокам'яний пояс. Східніше від нього, відокремлюючись Саксаганським і Демуринаським куполами, розташований Базавлуцький дугоподібний зеленокам'яний пояс, який містить Чортомлицьку, Софіївську, Верхівцівську та Високопільську зеленокам'яні структури, а на сході області виділяється Сурсько-Конксько-Білозерський зеленокам'яний пояс, що також має дугоподібну форму[5].

Зеленокам'яними товщами складені кільце- та овалоподібні практично неперервні зони, які виразно фіксовані у гравітаційному полі суцільними лінійними позитивними аномаліями відповідної морфології. Утворені ними замкнуті «зеленокам'яні» концентри просторово відповідають проекції апікальних частин мантійного астеноліту на ділянках його максимального проникнення в земну кору. Прикладом такого великого замкнутого концентру є Базавлуцький, у складі якого є (по всьому простяганні) Алферівське і Краснобалківське відгалуження Верхівцівської структури, Софіївська, Криничеватська, Чортомлицька, Високопільська, Криворізька та Жовтоводська зеленокам'яні структури[5].

Дрібні овали утворені дугоподібними Вільнохутірським і Алферівським відгалуженнями, опуклим на південь згином Жовтоводської структури, дугоподібними згинами Самотканського та Краснобалківського відгалужень і центральної частини самої Верхівцівської структури, Грушівським і Карнау-

хівським відгалуженнями Сурської структури. Така картина взаємопов'язаних різнопорядкових концентрів-овалів відображає характерну морфологічну особливість зеленокам'яних структур

Середньопридніпровський граніт-зеленокам'яної області. Припускають, що розломи, які контролюють зелено-кам'яні пояси-овали, в процесі закладання та розвитку зеленокам'яних структур і пов'язаних з ними гранітних масивів виконували магмопідвідні функції, дренажуючи апікальні частини мантійного діяпіру і забезпечуючи необхідний для ремобілізації рудних компонентів тепло-масоперенос [5].

Запропонована загальна класифікаційна схема розвитку процесу утворення пегматитів та формування їх полів у докембрії, в якій взято до уваги геолого-структурні і історико-геологічні особливості розвитку земної кори в археї, дозволить уточнити послідовність геологічних процесів, які вплинули не тільки на будову і склад окремих пегматитових тіл та їхніх скупчень, але й на формування пегматитоносних геоблоків щитів, а також вирішити окремі базові загальногеологічні питання щодо розвитку пегматитоносних територій і земної кори загалом. Зважаючи на зв'язок пегматитів як з ультраметаморфічними автохтонними гранітними комплексами, так і гранітними інтрузивами, з'ясування закономірностей їхнього розвитку дасть змогу уточнити низку важливих питань стосовно еволюції гранітоїдного магматизму в докембрії [1].

Розвиток ультраметаморфізму в ранньоахейську епоху (період становлення мігматит-плагіограніт-кристалосланцево-гнейсової аульсько-дніпропетровської асоціації) був головним генератором кислих магматичних утворень як у вигляді неосом мігматитових товщ, так і великих автохтонних анатектичних плагіогранітних батолітів. Цей процес повсюдно супроводжувався пегматитоутворенням і сприяв формуванню значних полів керамічних пегматитів. Тобто керамічні пегматити здебільшого є результатом анатексису вміщуючих метаморфічних товщ і формувалися як на місці виплавки так і з незначним переміщенням з утворенням

пегматитової кори потужністю від перших сантиметрів до десятків метрів, а також формуванням штоків та січних жил що відділились на завершальній стадії формування анатектичних масивів. На цей факт українські геологи здебільшого не звертають увагу, а тим самим у межах центральних частин мігматито-гнейсових куполів, у місцях найбільш інтенсивного проявлення анатексису картують (як результат штучного об'єднання крупних (потужністю до 10-20м) пегматитових тіл та дрібних гранітних штоків) значні за площею масиви пегматоїдних та апліт-пегматоїдних гранітів.

Окремими дослідниками ці масиви пов'язують з більш пізніми гранітними комплексами що сформувалися у завершальну стадію розвитку зеленокам'яних структур, які, зазвичай обрамлюють древні куполи. Класичним прикладом такого стану речей є Базавлуцький купол розвинутий у південно-західній частині Середньо придніпровського мегаблоку. Купол уявляє собою овалоподібне підняття площею з простяганням видовженої осі у північно-східному напрямку (рис.1.1).



Рисунок 1.1 - Основі тектонічні структури на геологічній карті

М 1: 2 000 000 (за С.С. Кругловим 1998 рік)

Обрамлений синкліноними і кільцевими вулкано-плутонічними зеленокам'яними структурами та тісно пов'язаними з ними масивами

двопольовошпатових і плагіоклазових гранітів. структурами Верхівцевською з півночі, Софіївською з північного сходу і, Чортотликською з південного сходу і з заходу грядою вулканоплутонічних кільцевих структур – Авдотьєвською, Довгінцевською, Олександрієвською та Токівською [6].

У побудові мегаструктури беруть участь такі щільно пов'язані поміж собою структурні підрозділи (рис. 1.2):

1) Запорізький, П'ятихатський, Саксаганський, Демури́нський, Славгородський та інші гранітогнейсові і мігматито-гнейсові куполи;

2) Сурська, Конкська, Верхівцевська, Білозірська, Криворізько-Кременчуцька з Комендатівським, Жовтянським, відгалуженнями та ін. зеленокам'яні структури (ЗКС), що формують Криворізько-Кременчуцький, Базавлуцький і Конксько-Білозерський зеленокам'яні пояси;

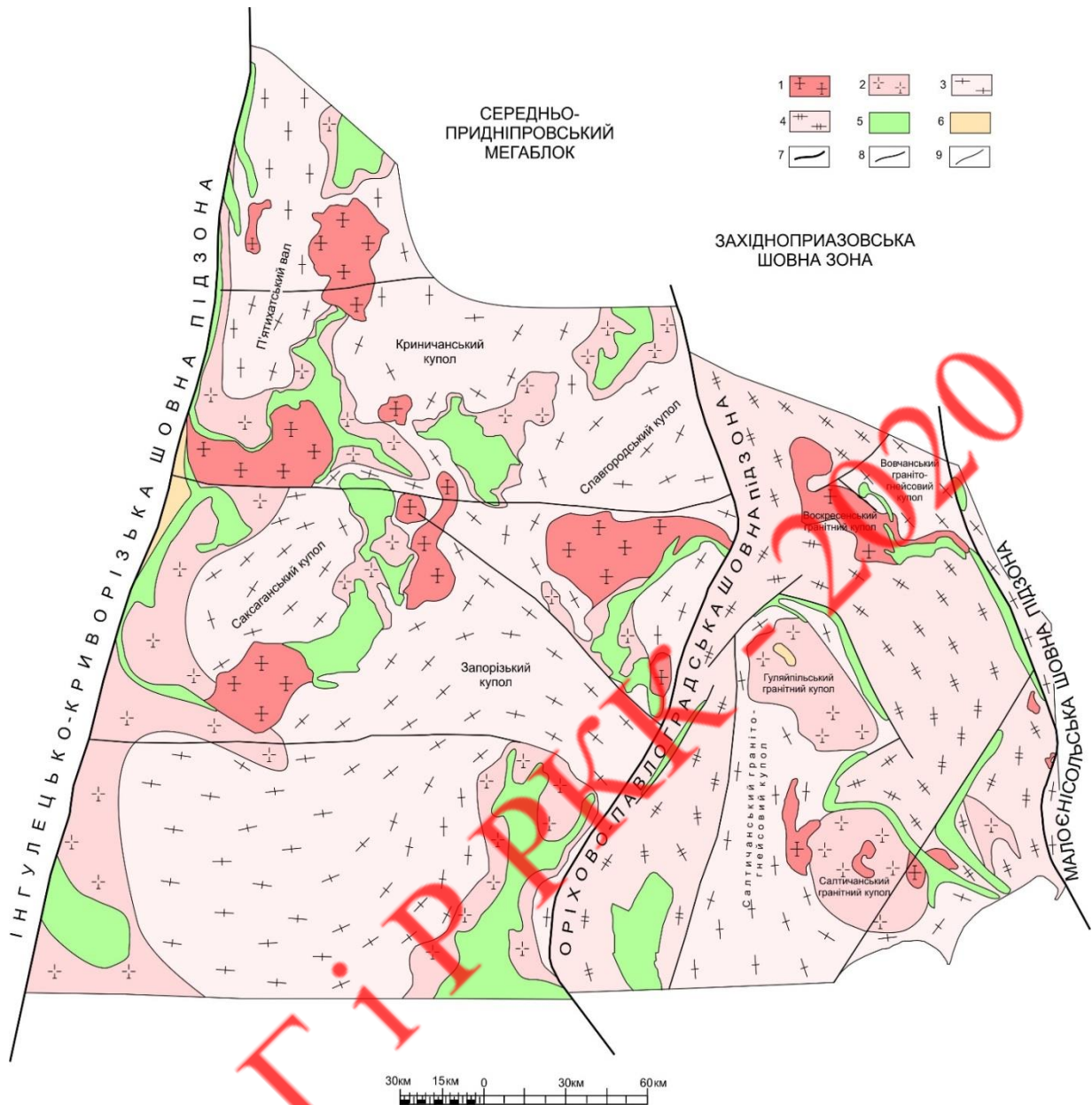
3) Демури́нський, Мокромосковський, Токівський, Орільський це плагіогранітні масиви Саксаганського і Сурського комплексів та багатофазні гранітні масиви. Пов'язані із зеленокам'яними структурами. Формування мегаструктури очевидно проходило під дією глибинного магматичного плюму [6].

Пегматитові поля району розділено на два типи відповідно до геолого-структурних умов їхнього розвитку[7]:

1) поля архейських гранітогнейсові куполи – кварц-польовошпатових «керамічних» пегматитів;

2) поля трогових зеленокам'яних структур – керамічних, рідкіснометалевих і рідкісноземельних пегматитів.

Поля керамічних пегматитів архейських гранітогнейсових куполів представлені пегматитами кварц-олігоклазового і кварц-олігоклаз-мікроклінового складу, які пов'язані з гранітоїдними ультраметаморфічними утвореннями дніпропетровського комплексу (мігматити, автохтонні плагіогранітні масиви). Вони досить поширені в купольних структурах,



1—двопольовошпатові граніти демуринського, токівського, мокромосковського, комплексів; 2 – плагіограніти, тоналіти сурського та саксаганського комплексів; 3 – метаморфічна аульська серія та ультраметаморфічні комплекси (славгородський і дніпропетровський) купольних структур; 4 – метаморфізовані вулканогенно-теригенні комплекси трогових структур зеленокам'яного типу (конкська та білозерська серії); 5 – теригенні комплекси прирозломних накладених структур (криворізька серія); 6 – глибинні регіональні розломи; 7 – інші розривні порушення; 8 – геологічні границі; 9 – умовні межі пегматитових поясів, 10–13 – умовні межі полів пегматитів

Рисунок 1.2 - Схематична структурно-геологічна карта елементів Середньо-придніпровського мегаблока

особливо в їхніх центральних частинах, де становлять значний, а в деяких місцях повний об'єм неосомової гранітоїдної маси. Дані пегматити формують Базавлуцьке, Дніпропетровське, Запорізьке, П'ятихатське й Томаківське пегматитові поля. [7].

Пегматитові поля рідкіснометалевих і рідкісноземельних пегматитів трогових зеленокам'яних структур другого структурного поверху тісно генетично й парагенетично пов'язані з демуринським, мокромосковським, токівським гранітними комплексами. Нині досить упевнено ми можемо виділити такі пегматитові поля цього типу: Жовтоводське, Комендантівське, Мокромосковське, рідкіснометалеві та Петровське і Миколаївське рідкісноземельної спеціалізації, що розміщені, зазвичай, у межах трогових структур.

Для Середньопридніпровського мегаблока слід притримуватися поглядів, висловлених О.Бобровим, К. Єсіпчуком, у праці про те, що «гранулітові асоціації Середньопридніпровського і Приазовського районів синхронні раннім (мезоархейським) зеленокам'яним асоціаціям»[6].

Отож, зеленокам'яні структури і гранітогнейсові куполи з'являлися синхронно, це супроводжувалось належними до умов розвитку структур регіональним метаморфізмом. Разом з тим Середнє Придніпров'я можна розглядати як єдиний грануліруваний граніто-гнейсовий купол, тобто маючи єдине здиблення структури під дією глибинних конвенктивних теплових потоків, проходило розділення загального куполу на ряд більш дрібних куполів з утворенням в їх пограничних зонах розрідженого простору в який, за законом урівноваження систем, моментально спрямувалися глибинні магматичні потоки, які і призвели до формування поясів зеленокам'яних структур. Для Західноприазовського району цей процес ускладнений подіями другого етапу розвитку пегматитової області.

У розвитку Середньопридніпровського мегаблока умовно можна виділити п'ять періодів формування структури, що становлять два зазначені етапи; з трьома періодами (другий–четвертий) пов'язаний інтенсивний складу, хімізму й мікроелементної спеціалізації розвиток різних пегматитів).

Генетичні аспекти формування пегматитів Базавлуцького куполу. Усі ці пегматити є глибинними утвореннями ультраметаморфічного походження. Вони складають мігматитоподібні серії пегматитових жил, які утворилися:

- 1) із виплавленого на місці розплаву (за специфічних умов початкової стадії ультраметаморфізму метаморфічних порід);
- 2) із незначно переміщеного цього ж розплаву з формуванням системи січних пегматитів того ж генезису, що й попередні;
- 3) із розчин-розплавів, які утворилися під час становлення і кристалізації великих масивів ультраметаморфічних плагіогранітів і були переміщені в уже сформовану ультраметаморфічну мігматитову товщу.

За думкою Г. Родіонова та А. Гінзбурга [10] ці пегматити тяжіють до високотемпературних слабо диференційованих різновидів керамічних пегматитів, що утворилися на дуже великих глибинах (>11 км).

Наймасовіше ці пегматити розвинені серед прошарків гнейсів і зон дроблення кристалічних сланців та амфіболітів. Значна їх частина сформована за рахунок відірваних та переміщених і вкорінених по тріщинах у товщі амфіболітів цих же розчин-розплавів.

Частина пегматитів утворена розчин-розплавами, відокремленими й переміщеними з глибших великих магматичних резервуарів (масивів палінгенних плагіогранітів), що сформувалися вже на завершальній стадії ультраметаморфізму. Нерідко ці пегматити простежуються у вигляді системи зближених субпаралельних пегматитових тіл.

Серед амфіболітів Базавлуцької товщі деколи трапляються пегматити, які, імовірно, утворилися внаслідок метасоматичних процесів. Ці пегматити не витримані за складом і не мають чітко вираженої зональності. Зазвичай це дрібні тіла кварц-плагіоклазового і кварц-мікроклінового складу, які розміщені, головню, в амфіболітах і кристалосланцях. Можна простежити також процес зародження пегматитів від породних контактів у сланцевих товщах до цілковито сформованих пегматитових тіл. Метасоматичні пегматити досить часто розвиваються по зонах брекчіювання порід та мілонітах, дрібних тілах гнейсів серед амфіболітів. По мілонітах і дрібних лінзах гнейсу серед амфіболітів метасоматичний пегматит розвивається з виникнення в контактних частинах кристалів плагіоклазу і ростом їх назустріч один одному від протилежних контактів. Цікаво, що цей процес може поновлюватися в тріщинах пегматитів, заповнених мілонітом або затягнутим у тріщину гнейсом.

З насиченими калієм залишковими розчинами пов'язана низка дрібних прожилків, які інтенсивно насичують тріщини в деяких гранітних масивах та гранітогнейсових товщах. Ці розчини мали суттєвий вплив на стінки тріщин, зумовлюючи вздовж них мікроклінізацію гранітів на глибину декілька метрів. Тривалий процес метасоматичних змін, спричинений достатньою кількістю розчину, що надходив, призводив до повної метасоматичної заміни та перекристалізації пристіночних частин граніту з формуванням апліто- і пегматитоподібних відмін. Вершиною цього процесу була розкристалізація розчину з утворенням тріщинних прожилків пегматиту й апліту.

Не виключена наявність у даному процесі специфічних пересичених леткими компонентами (понад 50 %) розплав-розчинів, ці розчини мали суттєвий вплив на стінки тріщин, зумовлюючи вздовж них мікроклінізацію гранітів на глибину декілька метрів, які й формували тріщинні пегматити й апліти залежно від температурного режиму і швидкості процесу [7].

Тривалий процес метасоматичних змін, спричинений достатньою кількістю розчину, що надходив, призводив до повної метасоматичної заміни та перекристалізації пристіночних частин граніту з формуванням апліто- і пегматитоподібних відмін. Вершиною цього процесу була розкристалізація розчину з утворенням тріщинних прожилків пегматиту.

Найприйнятніші глибини формування пегматитів загалом – 1,5–16 км, а, можливо, враховуючи пегматити глибокометаморфізованих товщ, і 20 км [10]. На цій підставі виділено чотири формації пегматитів:

- 1) пегматити малих (1,5–3,5 км) глибин (кришталеносні);
- 2) пегматити середніх (3,5–7,0 км) глибин (рідкіснометалеві);
- 3) пегматити великих (7–11 км) глибин (слюдоносні);
- 4) пегматити дуже великих (>11 км) глибин.

Пегматити першої формації (кришталеносні занірккові, міаролові, камерні) розташовані серед, або в екзоконтактних зонах протоплатформних материнських гранітів. Пегматити другої формації (рідкіснометалеві) утворилися в межах активних структур геосинклінального типу на глибинах 3,5–8,0 км і здебільшого залягають серед метаморфічних порід, які належать до кордієрит-амфіболітової фації регіонального або роговообманково-роговикової фації контактвого метаморфізму. Пегматити третьої формації (слюдоносні) розміщені серед метаморфічних товщ, які належать до альмандин-амфіболітової фації метаморфізму. Пегматити четвертої формації характерні для глибокометаморфізованих товщ давніх щитів, які найчастіше належать до гранулітової фації метаморфізму. Це кварц-польовошпатові пегматити, іноді з ортитом і монацитом [8].

Генетична та геолого-структурна класифікація пегматитів Українського щита наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Генетична та геолого-структурна класифікація пегматитів докембрійського Українського щита [1]

Групи пегматитів		Генетичні асоціації пегматитів	Мінералого-геохімічні асоціації пегматитів	Типи пегматитів	
Генетичні	геолого-структурні			Мінералогічні (за породоутворювальними мінералами)	Геохімічно-металогенічні
1	2	3	4	5	6
Магматогенні	Протоплатформ	Багатофазних інтрузивних масивів	Міаролових та камерних пегматитів	За окремими класифікаціями, запропонованими М.П. Єрмаковим (1957) та Є.К. Лазаренком, В.І. Павлишиним (1973)	
	Міжкупольних прогинів та трогових структур	Багатофазних інтрузивних масивів	Торієво-рідкісно-земельних пегматитів	Альбіт-амазонітові Мікроклінові Альбіт-мікроклінові Альбіт-кварцові Олігоклаз-мікроклінові	Рідкісноземельні, рудна спеціалізація на TR, Y, Ta, Nb, Zr
			Рідкісно-металевих пегматитів	Мікроклін-сподуменові Альбіт-сподуменові Альбіт-петаліт-сподуменові Альбітові Альбіт-мікроклінові Мікроклінові	Рідкіснометалеві, рудна спеціалізація на Li, Rb, Cs, Ta, Nb, Be, Sn
			Рідкісно-металевих мусковіт-польовошпатових пегматитів	Мусковіт-альбіт-мікроклін-олігоклазові Мусковіт-мікроклін-олігоклазові	Мусковітові, геохімічна та рудна спеціалізація на Ta, Nb, Be, Li, Rb, Cs
			Мусковіт-польовошпатових пегматитів	Мусковіт-мікроклін-олігоклазові Мусковіт-олігоклазові	Мусковітові

Групи пегматитів		Генетичні асоціації пегматитів	Мінералого-геохімічні асоціації пегматитів	Типи пегматитів	
Генетичні	геолого-структурні			Мінералогічні (за породоутворювальними мінералами)	Геохімічно-металогенічні
1	2	3	4	5	6
Магматогенні	Міжкупольних прогинів та трогових структур	Багатофазних інтрузивних масивів	Ураново-рідкісно-земельних пегматитів	Альбіт-мікроклін-олігоклазові Мікроклін-олігоклазові Олігоклазові	Рідкісноземельні, рудна спеціалізація на TR, Y, U, Nb
			Безрудних кварц-польово-шпатових пегматитів	Альбіт-мікроклін-олігоклазові Мікроклін-олігоклазові Мікроклінові Олігоклазові	Безрудні, геохімічна спеціалізація на Ta, Nb, Be, Li, Rb, Cs
Метаморфогенно-метасоматичні	Специфічних тектонічних зон стресових напруг	Метаморфогенно-метасоматично заміщені й утворені пегматити	Берил-мусковітових пегматитів	Мусковіт-альбіт-мікроклін-олігоклазові Мусковіт-олігоклазові	Мусковітові, геохімічна спеціалізація на Be, Nb, Zr, TR, U, рудна спеціалізація на Be
			Мусковітових пегматитів	Мусковіт-мікроклін-олігоклазові Мусковіт-олігоклазові	Мусковітові
	Граніто-гнейсових куполів	Метаморфогенно-метасоматично утворені пегматити	Безрудних кварц-польово-шпатових пегматитів	Мікроклінові Мікроклін-олігоклазові	Безрудні, геохімічна спеціалізація на Nb, Zr, TR, U
Ультраматморфогенні	Гранітогнейсових куполів	Автохтонних гранітних масивів	Керамічних кварц-польово-шпатових пегматитів	Олігоклазові Мікроклін-олігоклазові Мікроклінові Альбіт-мікроклін-олігоклазові	Безрудні; керамічна сировина; геохімічна спеціалізація на Nb, Zr, TR, U
		Мігматитові			

Групи пегматитів		Генетичні асоціації пегматитів	Мінералого-геохімічні асоціації пегматитів	Типи пегматитів	
Генетичні	геолого-структурні			Мінералогічні (за породоутворювальними мінералами)	Геохімічно-металогенічні
1	2	3	4	5	6
	Міжкупольних прогинів та трогових структур	Багатофазних інтрузивних масивів	металевих мусковіт-польовошпатових пегматитів	альбіт-мікроклін-олігоклазові Мусковіт-мікроклін-олігоклазові	геохімічна та рудна спеціалізація на Ta, Nb, Be, Li, Rb, Cs
			Мусковіт-польовошпатових пегматитів	Мусковіт-мікроклін-олігоклазові Мусковіт-олігоклазові	Мусковітові
			Ураново-рідкісноземельних пегматитів	Альбіт-мікроклін-олігоклазові Мікроклін-олігоклазові Олігоклазові	Рідкісноземельні, рудна спеціалізація на TR, Y, U, Nb
Магматогенні	Міжкупольних прогинів та трогових структур	Багатофазних інтрузивних масивів	Безрудних кварц-польовошпатових пегматитів	Альбіт-мікроклін-олігоклазові Мікроклін-олігоклазові Мікроклінові Олігоклазові	Безрудні, геохімічна спеціалізація на Ta, Nb, Be, Li, Rb, Cs

За характером пегматитовмісних структур виділено такі структурні групи: гранітогнейсових регіональних структур і куполів; міжкупольних прогинів і трогових структур; консолідованих давніх платформ; специфічних тектонічних зон стресових напруг.

За розвитком пегматитогенерувальних осередків виділено: три генетичні групи пегматитів – ультраметаморфічні, магматогенні та метаморфічно-метасоматичні; п'ять генетичних асоціацій пегматитів: мігматитові; автохтонних гранітних масивів; багатофазних інтрузивів міжкупольних прогинів і трогових структур; багатофазних платформних плутонів та метаморфогенно-метасоматичні процеси у межах специфічних тектонічних зон стресових напруг. Мінералого-геохімічні асоціації і типи пегматитів виділені вслід за на підставі характерних мінералогічних та геохімічних ознак пегматитів [9, 10].

Запропонована схема дає змогу відобразити як поступальний розвиток пегматитоутворення зі зміною асоціацій і типів пегматитів у повному тектономагматичному циклі формування мегаблоків, так і розвиток пегматитового процесу в одному ряду пегматитових асоціацій, пов'язаному з окремим періодом цього циклу. Тобто, побудовано мегаряд асоціацій пегматитів, пов'язаний з розвитком мегаблока (керамічні пегматити → ураново-рідкісноземельні → мусковіт-польовошпатові → мусковіт-польовошпатові рідкіснометалеві → рідкіснометалеві → торієво-рідкісноземельні → міаролові й камерні пегматити) та ряди типів пегматитів, пов'язані з розвитком пегматитової асоціації впродовж одного періоду становлення мегаблока [9, 10].

Висновок до розділу.

За характером пегматитовмісних структур в межах Українського щита виділяються структурні групи гранітогнейсових регіональних структур і куполів; міжкупольних прогинів і трогових структур; консолідованих давніх платформ; специфічних тектонічних зон стресових напруг. Встановлена генетична та геолого-структурна класифікація пегматитів Українського щита.

З'ясовані геологічні умови утворення пегматитів Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблока та їх

мінералогічна спеціалізація (керамічні пегматити → ураново-рідкісноземельні → мусковіт-польовошпатові → мусковіт-польовошпатові рідкіснометалеві → рідкіснометалеві → торієво-рідкісноземельні → міаролові й камерні пегматити).

ГРФ, ГіР РКК - 2020

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вивчення та проведення досліджень було обрана комбінація методів - методики виготовлення кулеподібних форм, їх механічної обробки на каменеобробних верстатах, а також методика об'ємної 3D візуалізації за допомогою програмного комплексу 3DS MAX 2020.

2.1 Функціональна характеристика програмного комплексу 3DS MAX 2020

3DS MAX 2020 компанії Autodesk – це тривимірний графічний редактор, повнофункціональний для професійного використання. Система призначена для створення і редагування об'єктів 3D візуалізацій. Даний комплекс надає можливість створювати 3D моделі на прикладі простих полігональних об'єктів, різноманітних форм [11].

3DS MAX має у розпорядженні велику базу для створення різноманітних за формою і складністю тривимірних комп'ютерних моделей, реальних або фантастичних об'єктів навколишнього світу, з використанням різноманітної техніки і механізмів, що включають наступні [11]:

1) полігональне моделювання, в яке входять Editable mesh (редагована поверхня) і Editable poly (редагований полігон) - це найпоширеніший метод моделювання, використовується для створення складних моделей і низкополігональних моделей для різноманітних задач;

Як правило, моделювання складних об'єктів з подальшим перетворенням в Editable poly розпочинається з побудови параметричного об'єкту "Box" або стандартних об'єктів, і тому спосіб моделювання загально прийнято називається "Box modeling".

2) моделювання на основі неоднорідних раціональних B - сплайнів (NURBS) (слід зазначити, що NURBS- моделювання в 3ds Max - є настільки примітивне, що ніхто цим методом практично не користується);

3) моделювання на основі "сіток шматків" або поверхонь Без'є.

Моделювання на основі стандартних об'єктів, як правило, є основним методом моделювання і служить відправною точкою для створення об'єктів складної структури, що пов'язано з використанням примітивів в поєднанні один з одним як елементарних частин складених об'єктів [11].

2.2 Методика отримання лабораторного препарату - кам'яної сфери (сферичного штуфа)

Використовуючи методику, що описано у патенті №93566 «спосіб одержання твердого тіла кулеподібної форми із природних матеріалів або їх синтетичних аналогів» [14] була виготовлена сфера з штуфа пегматиту Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита. Роботи з виготовлення лабораторного препарату та його подальша механічна обробка і фотофіксація здійснювались в лабораторії «Оцінки якості природних матеріалів НТУ «Дніпровська політехніка».

Опис формули винаходу включає в себе, спосіб одержання кулеподібної форми тіла з природних матеріалів або їх синтетичних аналогів, що включає в себе підготовку заготовки, формування безпосередньо тіла кулеподібної форми, чистову обробку поверхні, відрізняється тим, що готують заготовку циліндричної форми заданого діаметра й відповідної довжини, а формування тіла здійснюють шляхом направленої буріння заготовки буровим інструментом цього ж діаметра, просовуючись всередину заготовки на глибину того ж діаметра, щораз послідовно змінюючи кут напрямку буріння відносно початок вибраного напрямку до одержання тіла кулеподібної форми [14].

Виготовлення кулеподібної форми проводилась у лабораторії «Оцінки якості природних матеріалів». Куля виготовлялась за допомогою

інструменту, стандартних алмазних кільцевих свердл діаметром, що відповідає заданому ($D = 100$ мм) з подачею мастильно-охолоджуваної рідини.

Довільно обирають напрямки, за якими здійснюють спрямоване буріння з проникненням інструменту 1 у заготовку 2 (рис 2.1 проекція зліва), (рис 2.2 фронтальна проекція), (рис 2.3 проекція з права) на глибину заданого (D) діаметру, зі швидкістю в межах 675-2000 об./хв., з огляду на природу матеріалу й параметри готової кулеподібної форми. У процесі виготовлення тіла кулеподібної форми заготовку розвертають, щораз послідовно змінюючи кут напрямку буріння відносно вибраного на початку напрямку. Вибрані послідовно напрямки буріння, як правило збігаються з напрямками відповідних осей симетрії по типу тіла кубічної форми [14].

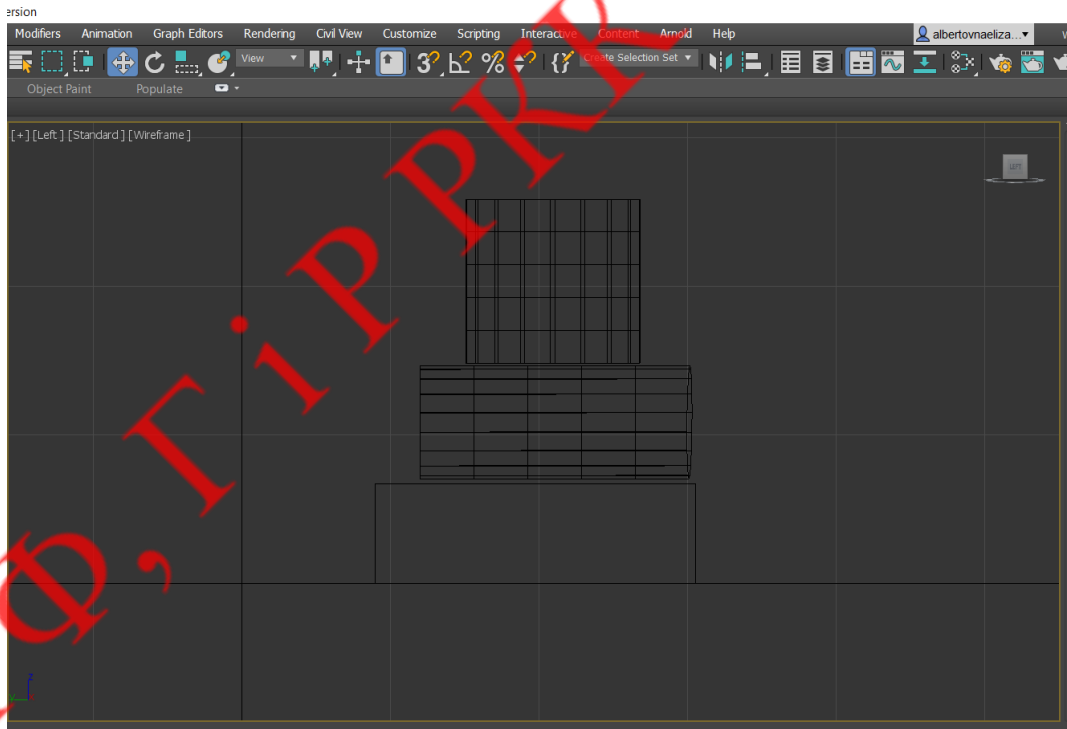


Рисунок 2.1 - Спрямоване буріння з проникненням інструменту (проекція зліва)

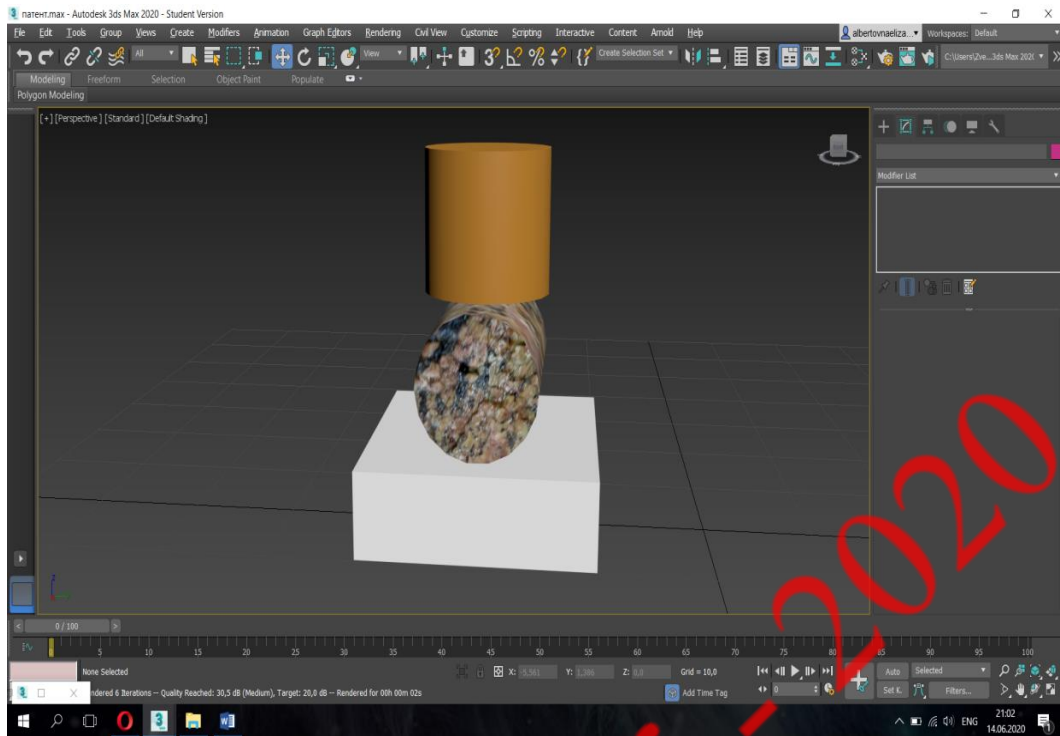


Рисунок 2.2 - Спрямоване буріння з проникненням інструменту (фронтальна проекція)

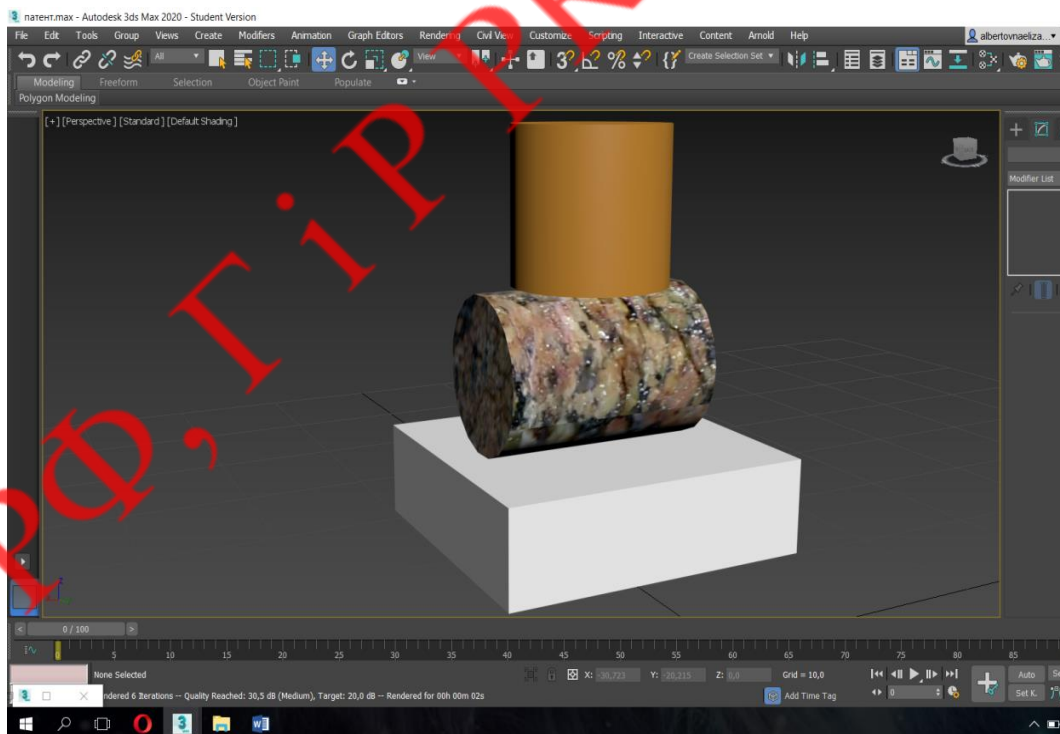


Рисунок 2.3 - Спрямоване буріння з проникненням інструменту (проекція з права)

2.3 Методика механічної обробки сферичного штуфа на свердлильному верстаті

Отриманий лабораторний препарат у вигляді кулі діаметром 95 мм зрізалась алмазної пилою товщиною 2 мм та діаметром 150 мм і зшліфовувався поступово з кроком 3 мм на шліфувальному верстаті, за допомогою алмазного шліфувального кола зі спеченими імпрегнованими штучними алмазами крупністю 150 мікрон. Кожна з 31 площин отриманих в ході обробки була приполірована на пластиковому алмазному колі фірми «StoneCraft» AA 800. Після цього кожна площина проходила фотофіксацію.

2.4 Методика отримання серійних зрізів штуфа та фотофіксації

Кожна площина після механічної обробки на кам'яних верстатах фотографувалася наступним чином: лабораторний препарат фіксувався на нерухомій поверхні, та розташовувався у лайтбоксі з включеним білим-холодним, діодним освітленням. Висота фотографування складала 27 см. Використовувалось цифрове фотообладнання смартфона Xiaomi Redmi note 7 (48 MP). Кожна світлина додатково проходила автоматичну обробку в Adobe Photoshop CC 2017 де коригувались: яскравість, контрастність, рівні освітлення, чіткість, рівні шуму. Ця обробка була необхідна для більш якісного 3D моделювання у 3DS MAX 2020.

2.5 Методика створення 3D моделі в програмному комплексі 3DS MAX 2020

Запускаємо програму 3DS MAX 2020. На (рис 2.4) зображено головна сторінка запуску програми. На (рис 2.5) відображено вікно – сцена. Далі знадобиться перейти у «Perspective» гарячою клавішею Alt+W (рис 2.6). Це дає змогу бачити майбутню модель у її реальному вигляді. Щоб побудувати 3D модель необхідно натиснути наступні панелі інструментів. «Create» і

«Standard Primitives» (рис 2.7). У панелі «Standard Primitives» обираємо фігуру яку потрібна «Sphere» (рис 2.8).

Для простої моделі та її геометрії достатньо «сфери», так як в неї радіально-кільцева система будови - спрощує виконання моделювання. Недоліки «GeoSphere» у плані побудови, так як на одній «геосфері» може буди декілька різних основ. Наприклад в основі може бути п'яти, трьох і в той же час чотирьох кутник. Тобто при різних основах у момент побудови може бути зруйнована геометрія об'єкту (рис 2.9).

Перед тим як робити об'єкт треба виконати дію, а саме перевірити розмірності 3D моделі. На панелі інструментів знаходимо «Customize» «Unit Setup».

Для побудови сфери у реальному розмірі треба обрати у вкладці «Display Unit Scale» (рис 2.10) «Metric» «Centimeters» (рис 2.11), (рис 2.12). Далі обираємо «System» перевіряємо, щоб було також у сантиметрах. У цій вкладці необхідно також вибрати «Centimeters». Тобто 1 Unit повинен дорівнювати 1,0 сантиметру. Тиснемо «ОК». Налаштування розмірностей відіграє важливу роль, оскільки дає чіткий розмір моделі та ідеальну геометрію у побудові.

Будуємо «Sphere» програми 3DS MAX 2020. «Standard Primitives» обираємо фігуру «Sphere». Обираємо діаметр для сфери (рис 2.13).

Згідно умовам сфера буде (95 мм), та зменшуватись на 3 мм за рахунок сточування породи. Наступний діаметр виставляємо 92 мм (рис 2.14).

Кінцевий діаметр кам'яної сфери 1 мм (рис 2.15).



Рисунок 2.4 - Головна сторінка програми 3DS MAX 2020

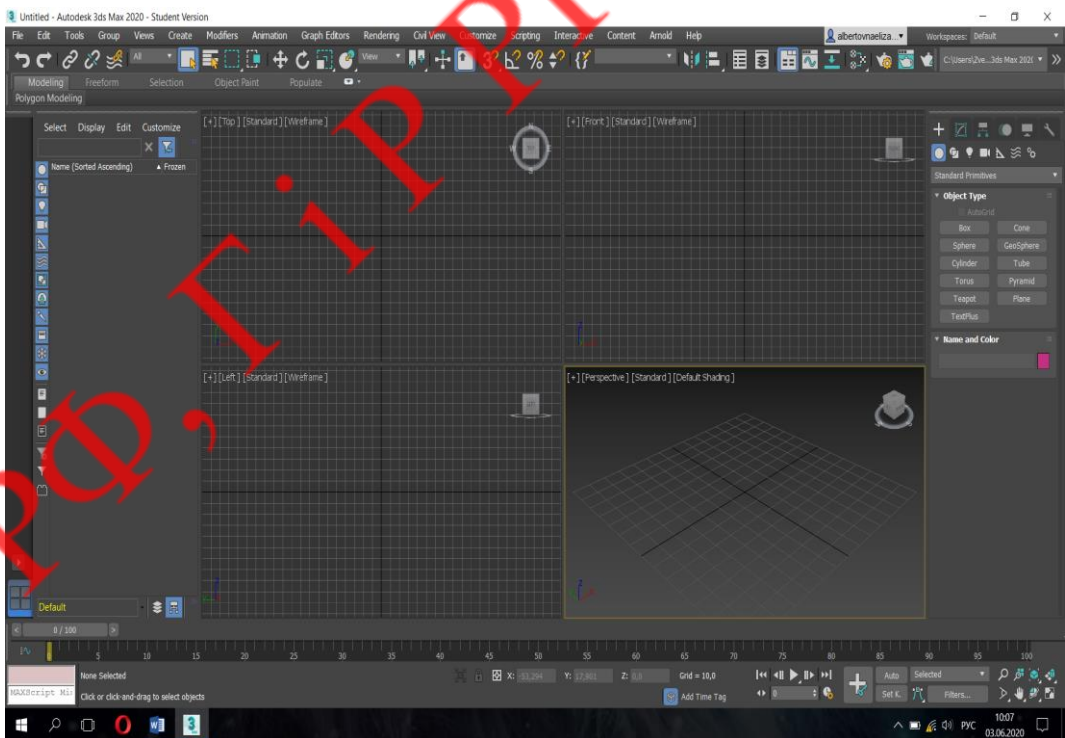


Рисунок 2.5 – Вікно – сцена програми 3DS MAX 2020

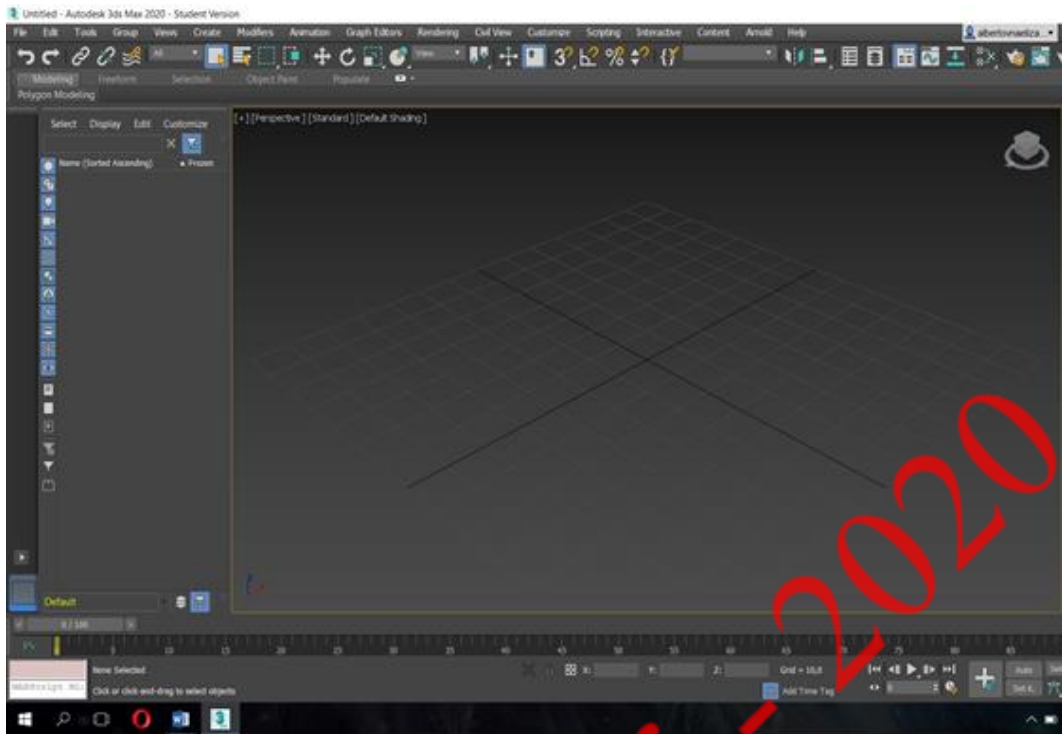


Рисунок 2.6 – відкриття вікна - сцени «Perspective» програми 3DS MAX 2020

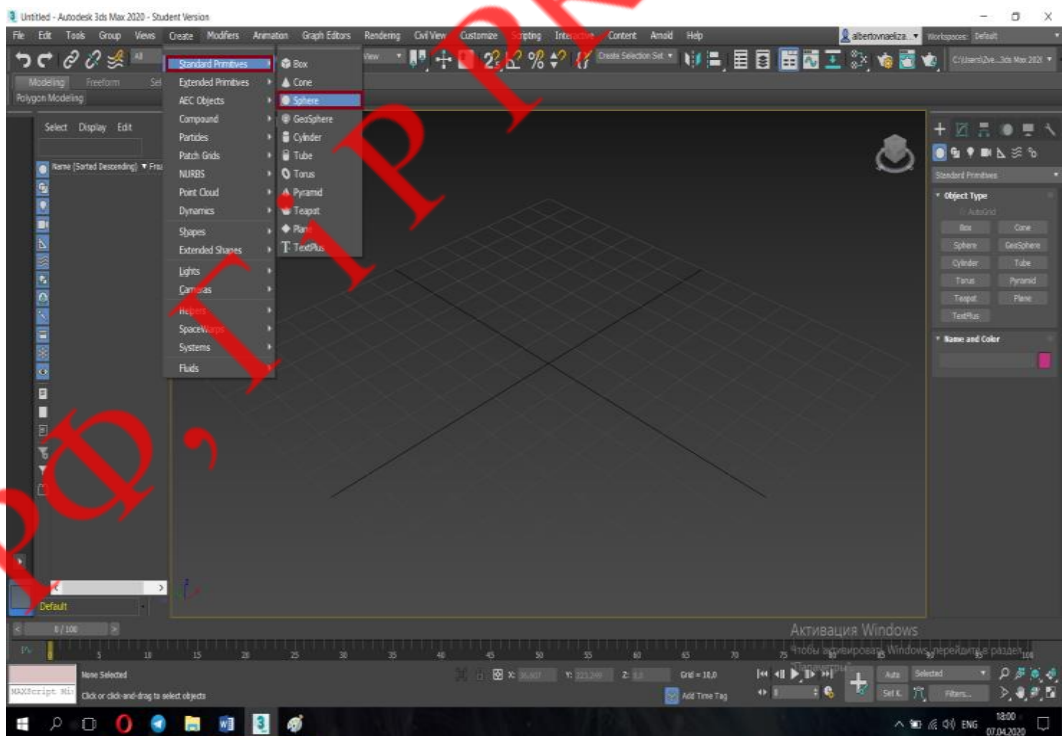


Рисунок 2.7 - Панелі інструментів програми 3DS MAX 2020

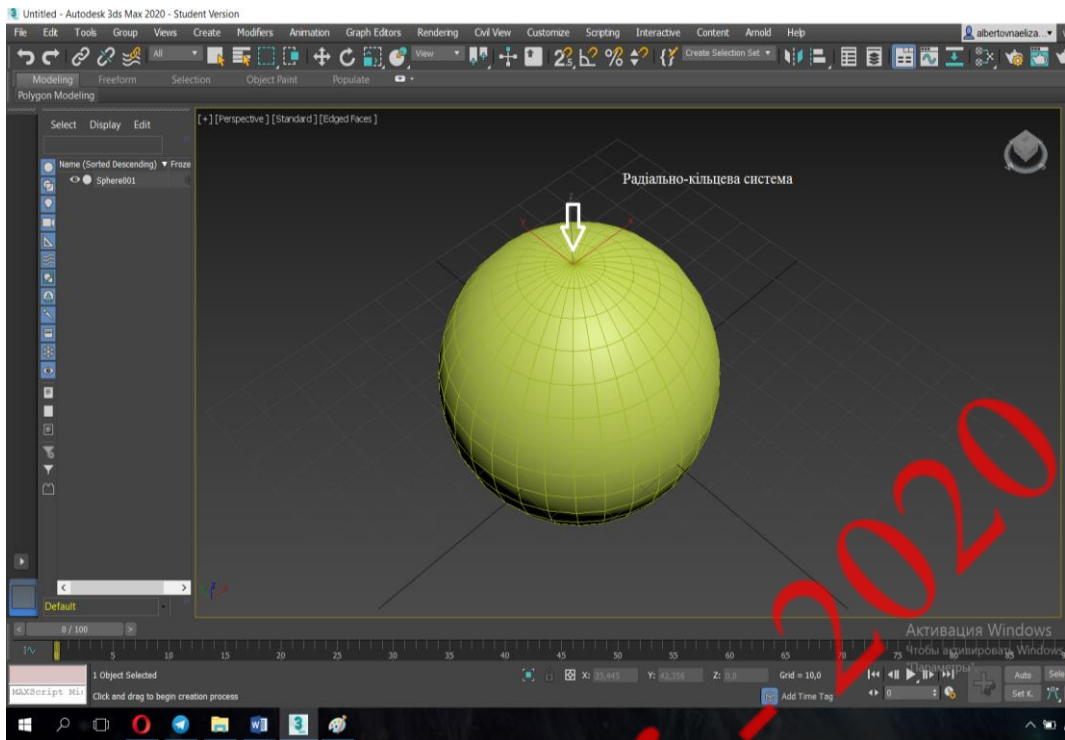


Рисунок 2.8 - Фігура «Sphere» програми 3DS MAX 2020

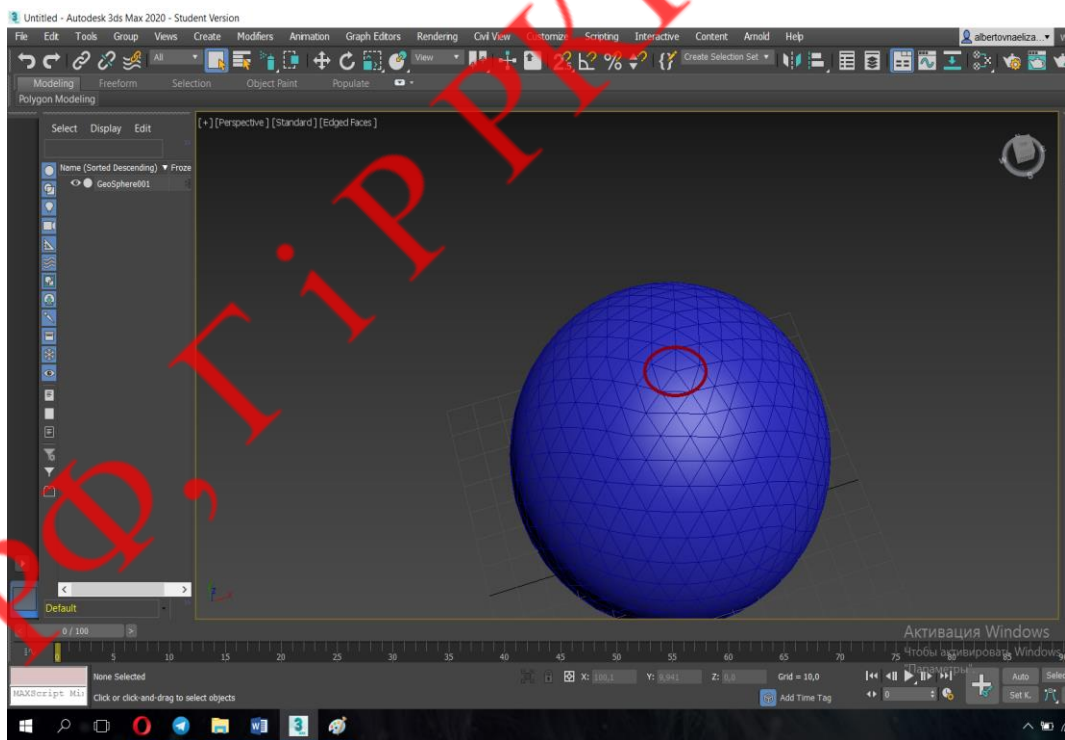


Рисунок 2.9 - Фігура «GeoSphere» програми 3DS MAX 2020

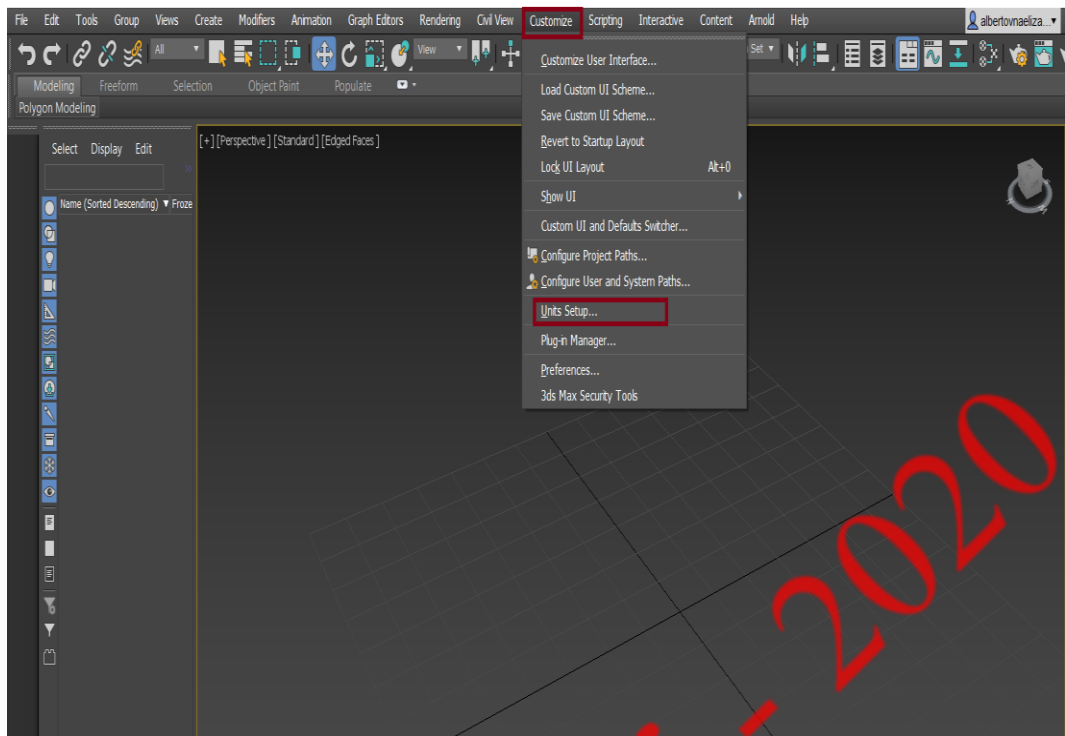


Рисунок 2.10 - Налаштування розмірностей програми 3DS MAX 2020

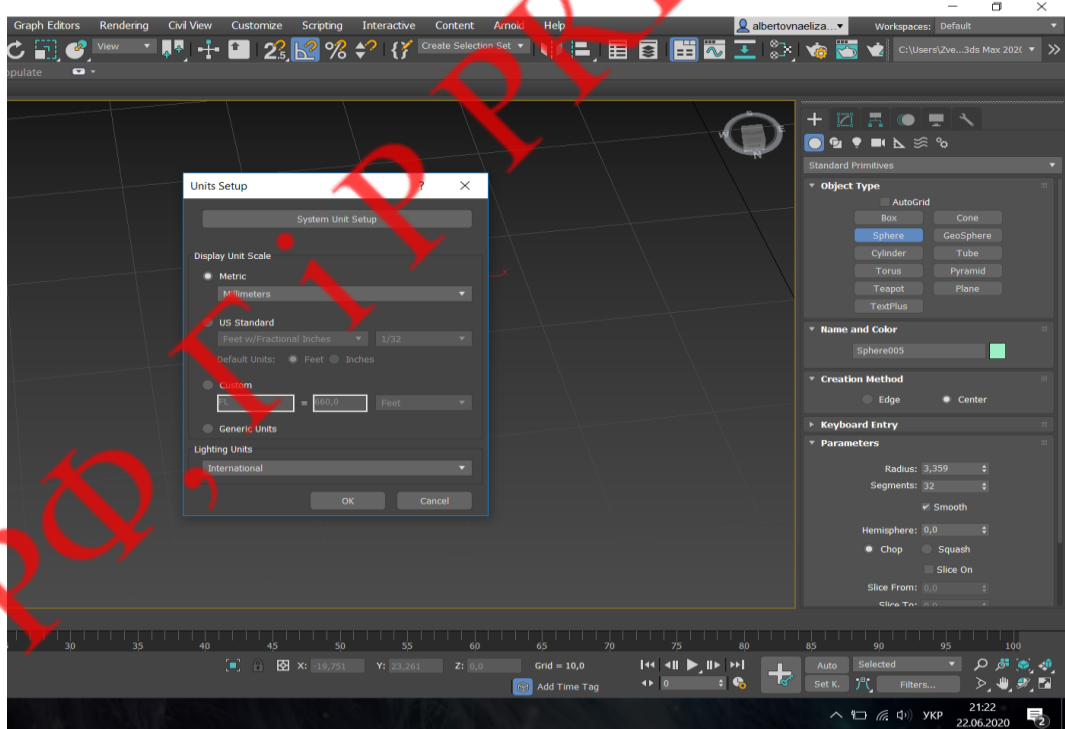


Рисунок 2.11 - Налаштування розмірностей програми 3DS MAX 2020

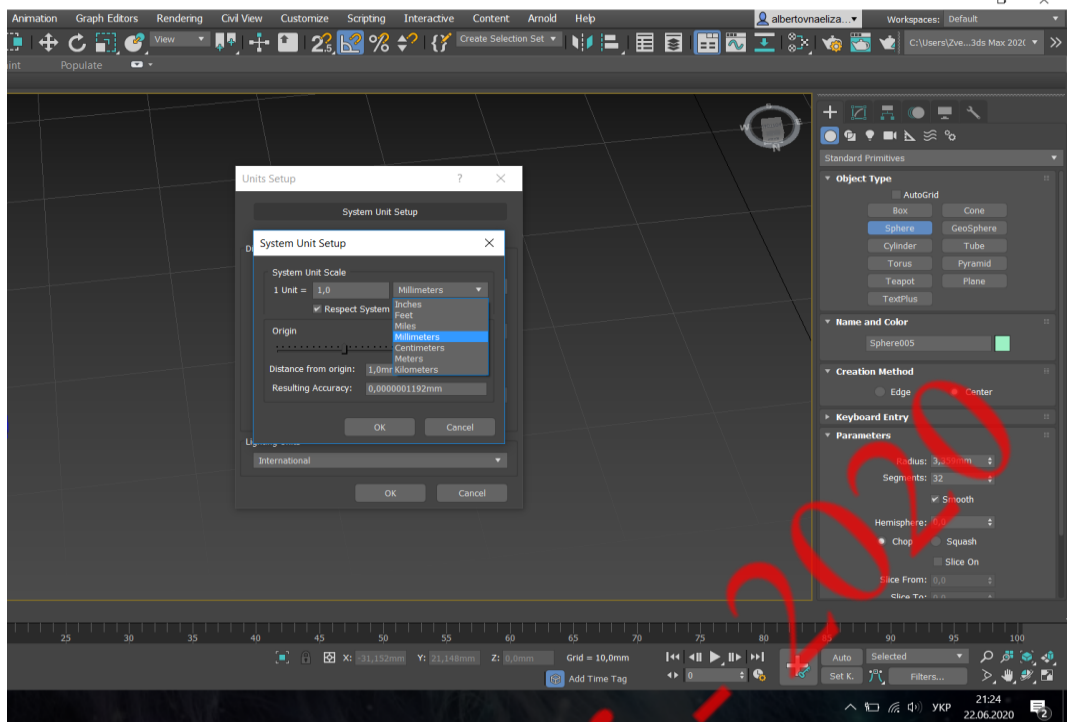


Рисунок 2.12 - Налаштування розмірностей програми 3DS MAX 2020

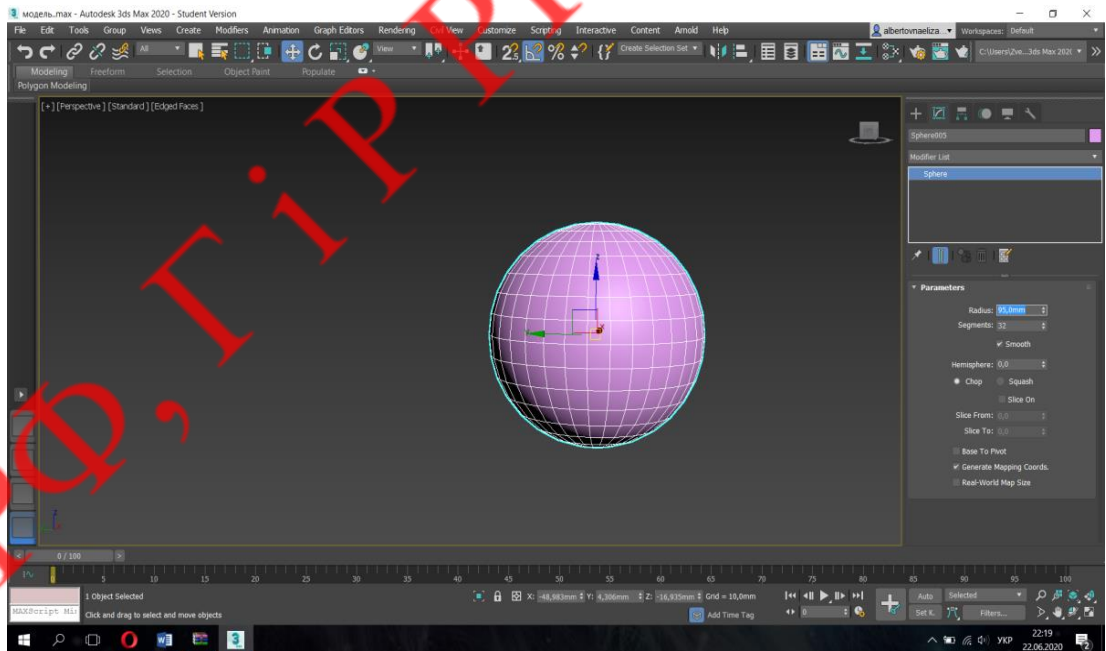


Рисунок 2.13 - Задання діаметру сфери у програми 3DS MAX 2020

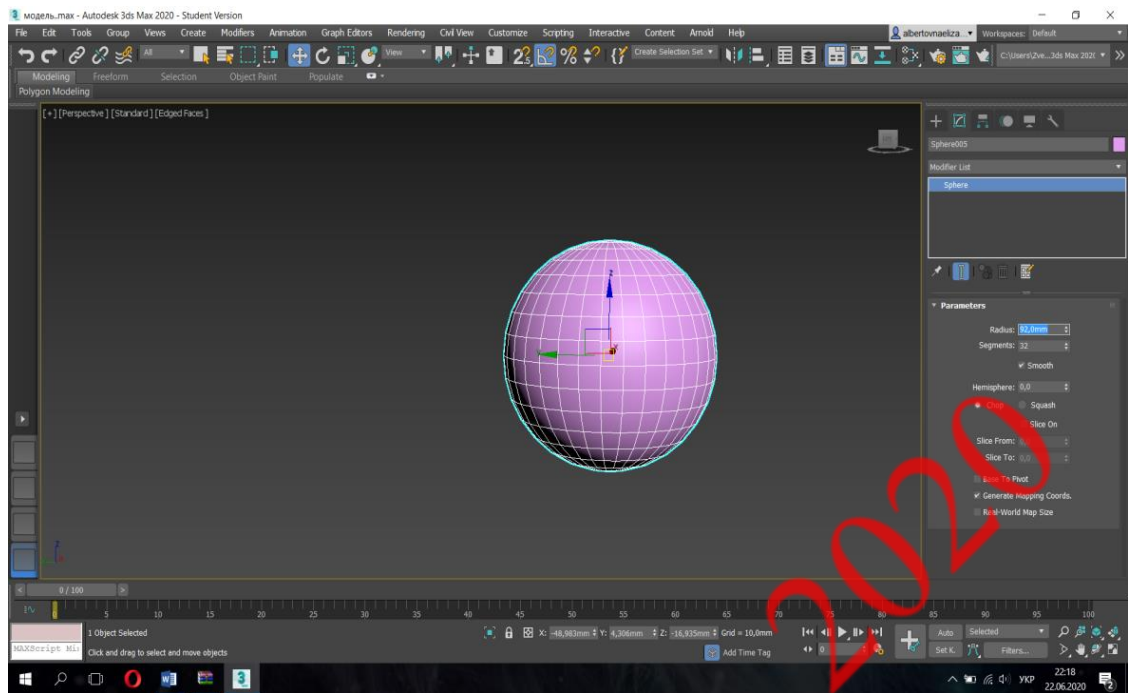


Рисунок 2.14 - Покрокове змінення діаметру

Для моделювання лабораторних препаратів для поглибленої інтерпретації геологічних даних, була обрана саме комп'ютерна програма 3DS MAX 2020 через те, що вона має наступні переваги:

1. Побудова у реальних розмірах.
2. Можливість оглянути об'єкт з усіх сторін.
3. Рівень графічного моделювання набагато вищий ніж наприклад у програмі Blender, Surfer, Realtime, AutoCAD, NanoCAD.

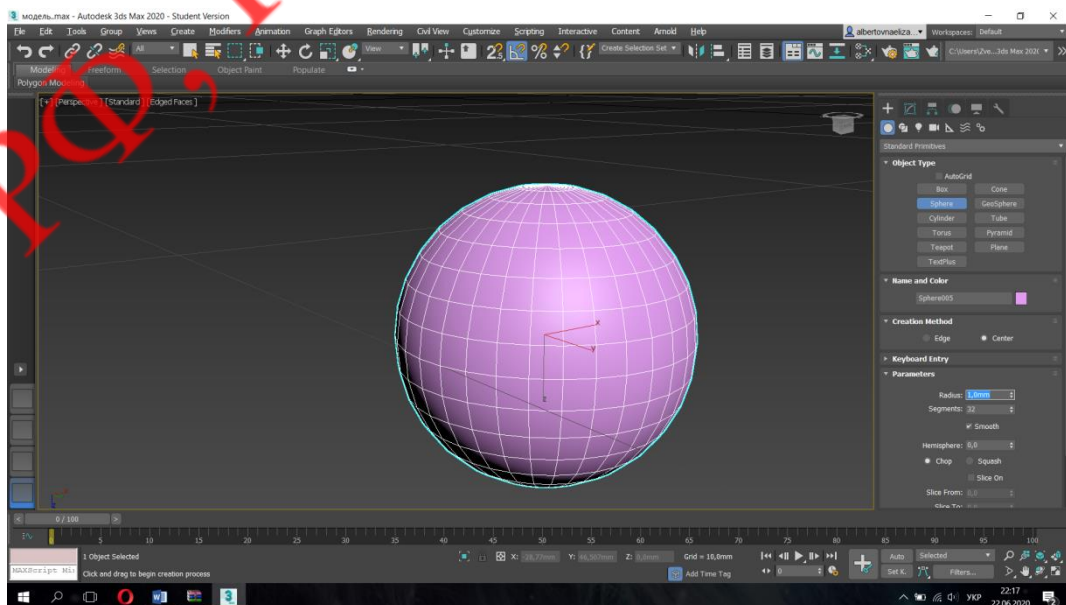


Рисунок 2.15 – Кінцевий діаметр кам'яної сфери

4. Кольорова передача об'єкту. 3DS MAX 2020 чітко передає кольори за рахунок вбудованої бази.
5. Візуалізація збудованого об'єкту
6. Можливість редагування у процесі моделювання
7. Зручне маніпулювання командами для поверхонь Безьє і полігонального моделювання.
8. Безліч модифікаторів, параметри яких настроюються для геометрії.

Висновок до розділу.

У розділі 2 детально описано кожну з використаних методик. Наведені переваги 3D моделювання за допомогою програмного комплексу 3DS MAX 2020, наведено покроковий опис створення 3D об'єкту. Також наведено зміст патенту № 93566 «спосіб одержання твердого тіла кулеподібної форми із природних матеріалів або їх синтетичних аналогів» [14] та розроблена 3D візуалізація створення сфер. Описано методику редагування та оцифрування площин лабораторного препарату.

ГРФ, ГІРРКЖ-2020

З РЕЗУЛЬТАТИ ОТРИМАННЯ ПОКРОКОВИХ ЗРІЗІВ СФЕРИЧНОГО ШТУФА ТА ЙОГО КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Опис штуфа пегматиту Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Опис зразка штуфа пегматиту

	Фото	Текстура	Структура	Мінеральний склад	Тектонічна порушеність
Штуф пегматиту		пегматоїдна	крупнокристалічна	Мікроклін 80%, кварц 18%, озалізнення 1%, акцесорні мінерали 1%	Присутні малі тріщини (не значна порушеність)

Робота включала в себе: виготовлення на базі лабораторії «Оцінки якості природних матеріалів НТУ «Дніпровська політехніка» лабораторного препарату кулеподібної форми діаметром 95 мм (рис 3.1, рис 3.2, рис 3.3), зашліфовування та зрізання отриманого зразка з кроком в 3 мм. Проведення фото фіксації кожної з отриманих площин за допомогою камери смартфона Xiaomi Redmi note 7 (48 MP), для подальшої обробки та формування 3D моделі.

Висновок до розділу.

У ході лабораторної роботи була створена кам'яна сфера зразка штуфа Базавлуцького середньозернистого пегматиту діаметром 95 мм, її було покроково розрізано та зшліфовано з кроком 3 мм. Проведена фотофіксація кожної з отриманих площин за допомогою камери смартфона Xiaomi Redmi note 7 (48 MP), для подальшої обробки та формування 3D моделі.



Рисунок 3.1 - Вирізання кам'яної сфери



Рисунок 3.2 - Зрізання та формування кам'яної сфери



Рисунок 3.3 – Готова сферична форма

4 АНАЛІЗ ВНУТРІШНЬОЇ БУДОВИ СФЕРИЧНОГО ШТУФА ТА ЙОГО ОБ'ЄМНА МОДЕЛЬ

Інтерпретація співставлення покровових зрізів сферичного штуфа дозволила отримати кінцеву 3D модель об'єкту з наступним маркуванням мінералів: кварц-Q, альбіт-AL, мікроклін-МК, озалізення-Fe, акцесорії-АС, тектонічні мікропорушення - червоний колір з можливістю пошарового відключення й спостереження кожного зі складових мінералів окремо для детального розгляду внутрішньої будови.

Тож, фактичні данні з поверхні кожної з 31 площин лабораторного препарату – кам'яної сфери, було оцифровано, створено комп'ютерну об'ємну 3D модель, яка надає можливість відстежити просторове розповсюдження мінералів в зразку та його внутрішню будову, розповсюдження акцесоріїв та тектонічних порушень. Також створена модель надає можливість пошарової демонстрації кожного зі складових мінералів в лабораторному препараті.

Цифрова обробка світлини поверхні лабораторного препарату додатково здійснювалась в Adobe Photoshop CC 2017 (автокорекція) для більшої деталізації складових частин лабораторного препарату. На (рис 4.1) зображено загальний вигляд цифрової моделі, що була створена.

Розповсюдженість тектонічних порушень геологічної будови та порівняльна характеристика якості макроопису зразків не обробленого штуфу, лабораторного препарату (кам'яної сфери) та опис оцифрованого лабораторного препарату наведена в таблиці 4.2.

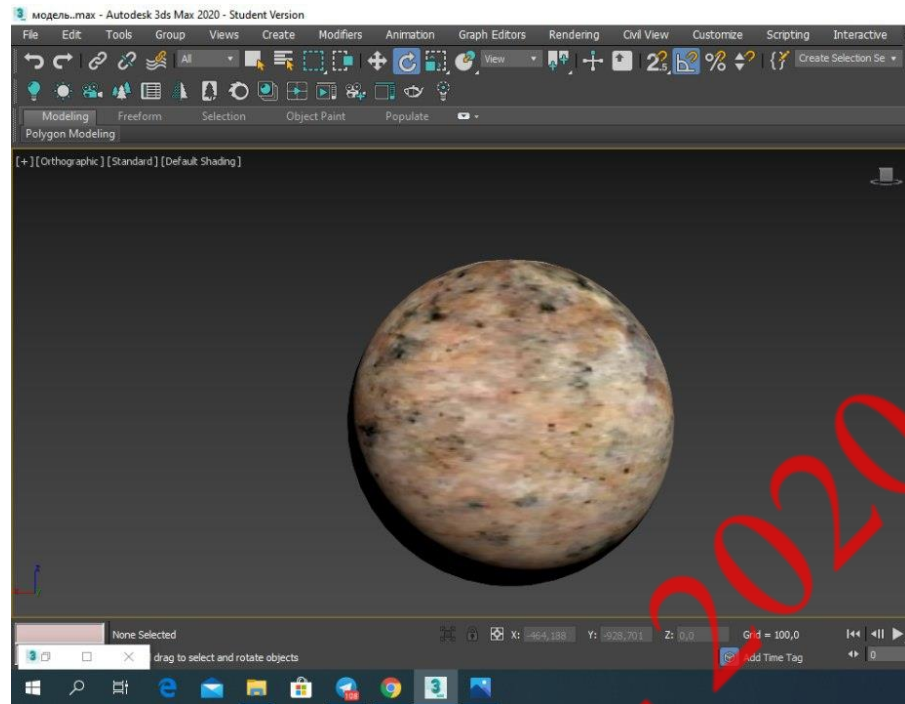

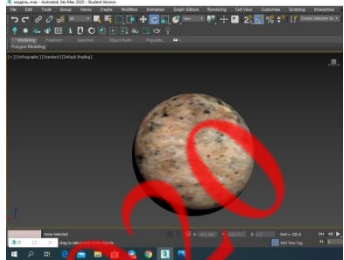


Рисунок 4.1 - Загальний вигляд цифрової моделі

Як бачимо, результати опису одного і того самого зразка при камеральному описі, після механічної обробки та оцифровці є різними. Найбільш інформативним з точки зору повноти інформації при геологічному описі є оцифрований зразок. Більш того присутня можливість пошарового розгляду мінеральних агрегатів в зразку шляхом відокремленого перегляду розповсюдженості складових частин, а саме: кварцу, польових шпатів, акцесорних мінералів, озалізнення, та тектонічних порушень. Кожну складову можна переглянути окремо в рамках цифрової моделі.

Матеріали комп'ютерного моделювання надані на цифровому носії та є невід'ємною частиною дипломної роботи.

Таблиця 4.2 - Макроопис геологічної будови штуфа лабораторного препарату (кам'яної сфери), опис оцифрованого лабораторного препарату

	Штуф не оброблений	Лабораторний препарат (кам'яна сфера)	Оцифрований лабораторний препарат
Фото			
Текстура	пегматоїдна	пегматоїдна	пегматоїдна
Структура	гігантокристалічна	гігантокристалічна	гігантокристалічна
Мінеральний склад, %	Мікроклін 90%, кварц 8%, озалізнення 1%, акцесорні мінерали 1%	Мікроклін 75%, кварц 15%, озалізнення 2,5%, альбіт 6%, акцесорні мінерали 1,5%	Мікроклін 75%, кварц 15%, озалізнення 2,5%, альбіт 6%, акцесорні мінерали 1,5% присутні домішки епоксидної смоли які складно відтворити в цифровому вигляді 1% в приповерхневій зоні зразка
Тектонічна порушеність	Присутні малі тріщини (не значна порушеність)	Тріщини не щільні через, що зразок інтенсивно руйнується та потребує додаткового зміцнення шляхом епоксидної пропитки.	Значна кількість дрібних щільних порушень, що розвиваються супутньо з не щільними.

На рис 4.3 зображена розповсюдженість кварцу в цифровій моделі. Як бачимо його просторовий розподіл в зразку є пачко-подібним та однорідним, розмір зерен коливається від перших міліметрів до 6 мм, колір змінюється від молочного напівпрозорого до жовтого непрозорого, також зустрічається димчастий кварц.

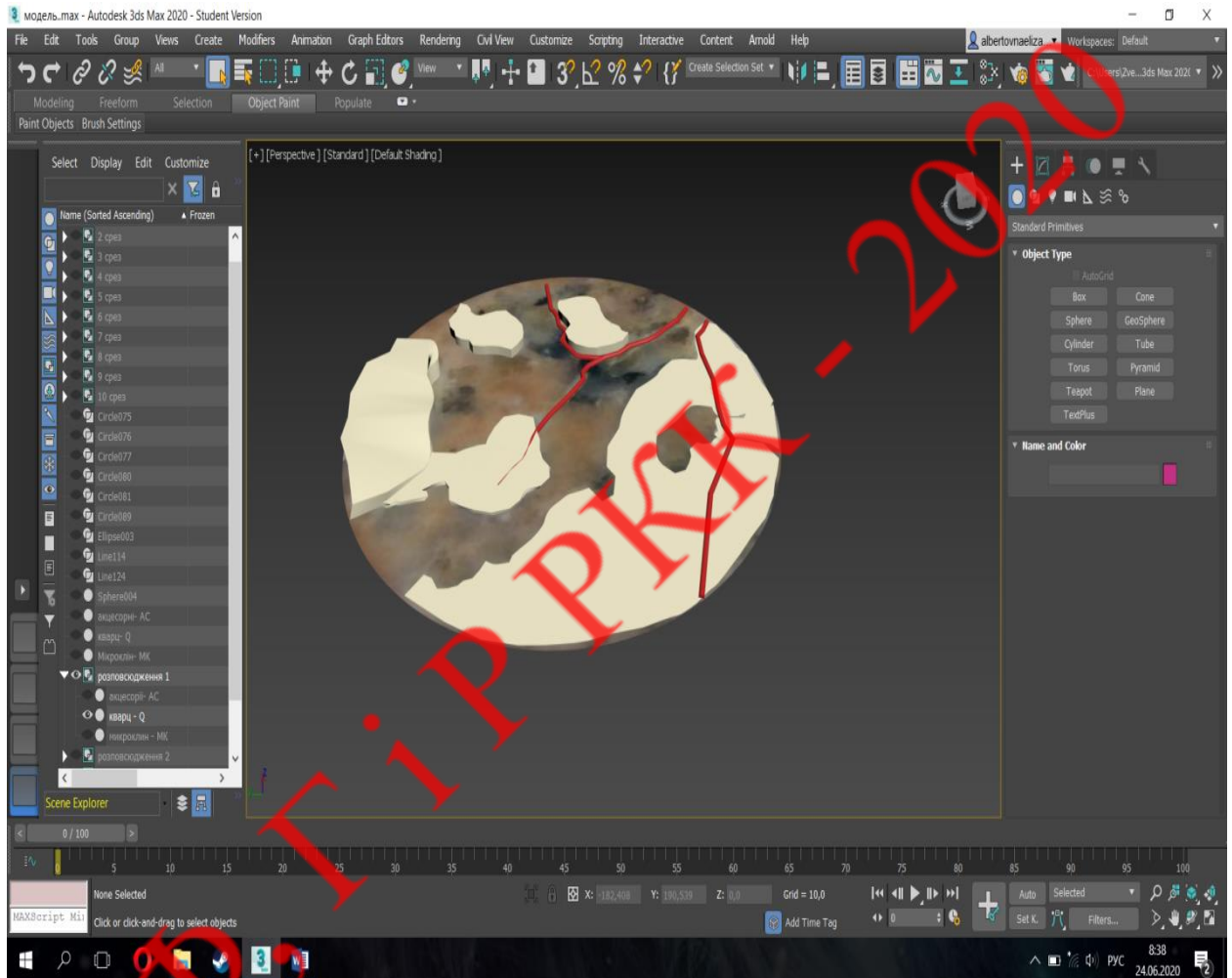


Рисунок 4.3 Розповсюдженість кварцу в цифровій моделі

На рис 4.4 зображена поширеність альбіту. Зазначимо, що кількість мінералу в зразку є низькою та не перевищує 5%, розмір зерна 2-4 мм, зерна знаходяться в тісному контакті з мікрокліном.

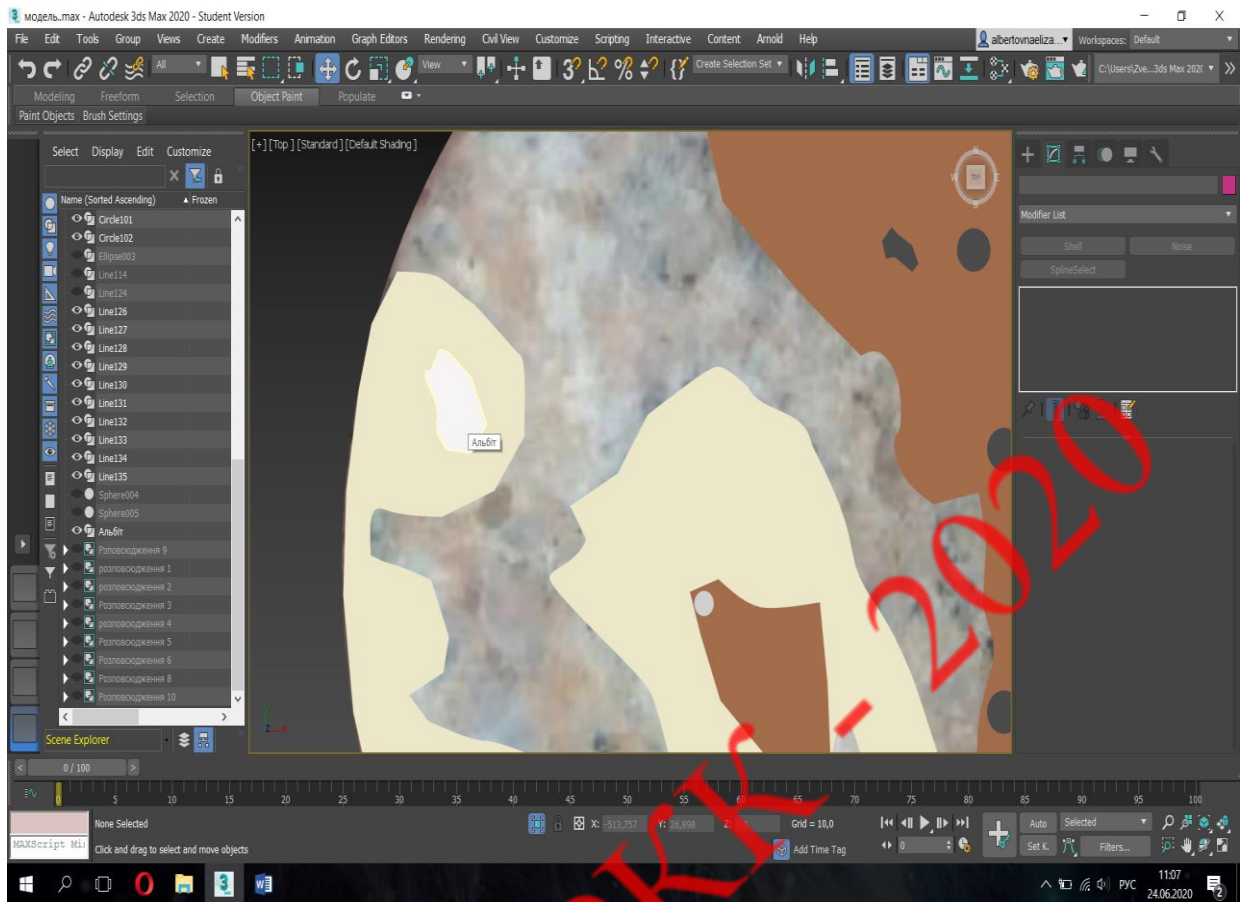


Рисунок 4.4 - Розповсюдженість альбіту

На рис 4.5 зображена розповсюдженість мікрокліну. Зерна мінералу є найкрупнішими за розміром і досягають 15-18 мм в поперечнику, кількість мінералу в зразку досягає 75% . Мінерал скупчується достатньо великими вузлами які мають певну просторову будову.

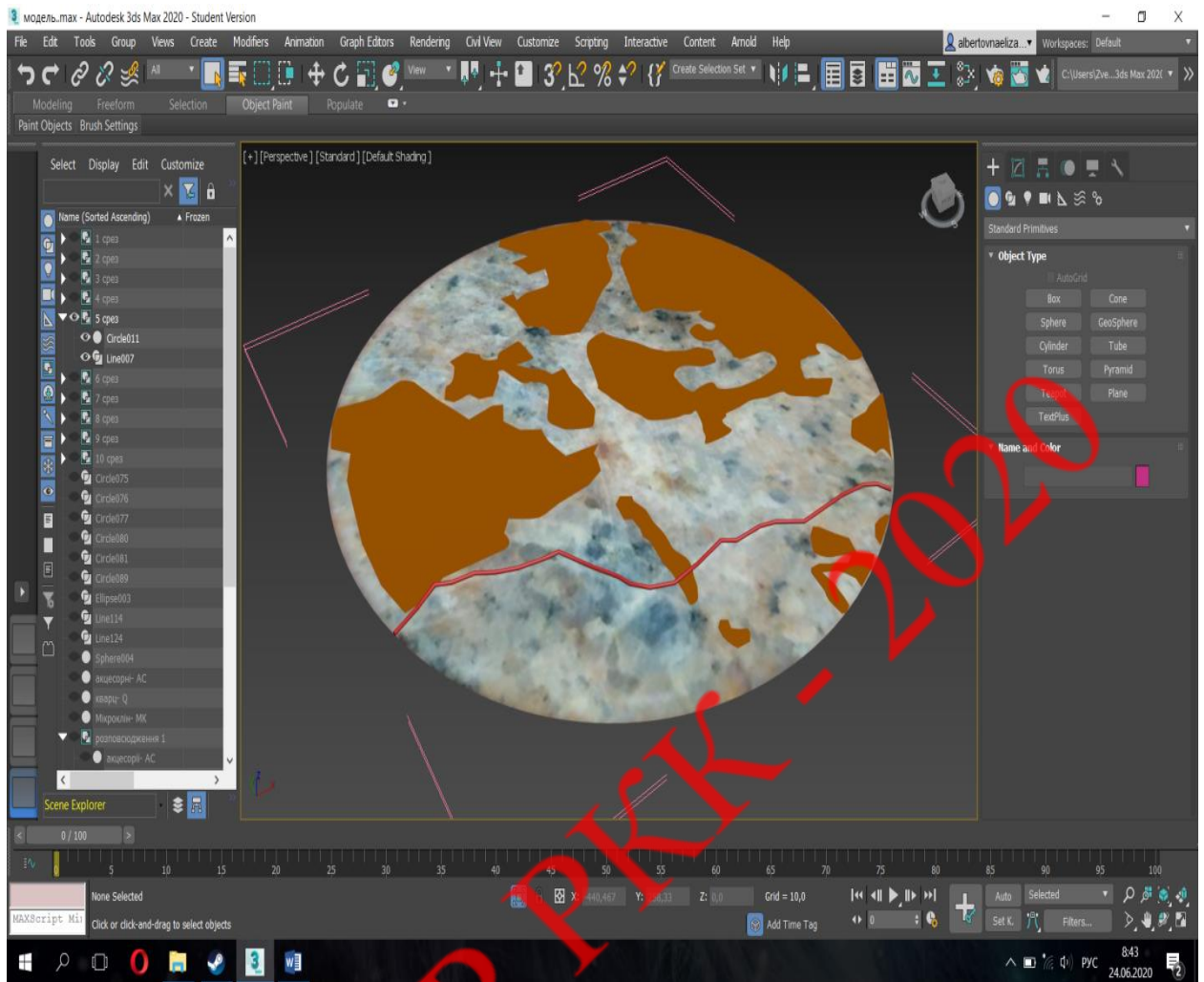


Рисунок 4.5 - Розповсюдженість мікрокліну

На рис 4.6 зображена розповсюдженість озалізнєння. Можна зробити наступний висновок про те, що кольоровість кварцу жовтого кольору обумовлена процесом озалізнєння ще у процесі формування породи через відсутність поверхневих та внутрішніх змін характерних для порід, які довгий час були під впливом фізико-хімічного руйнування. Озалізнєння не значне та складає до 1%.

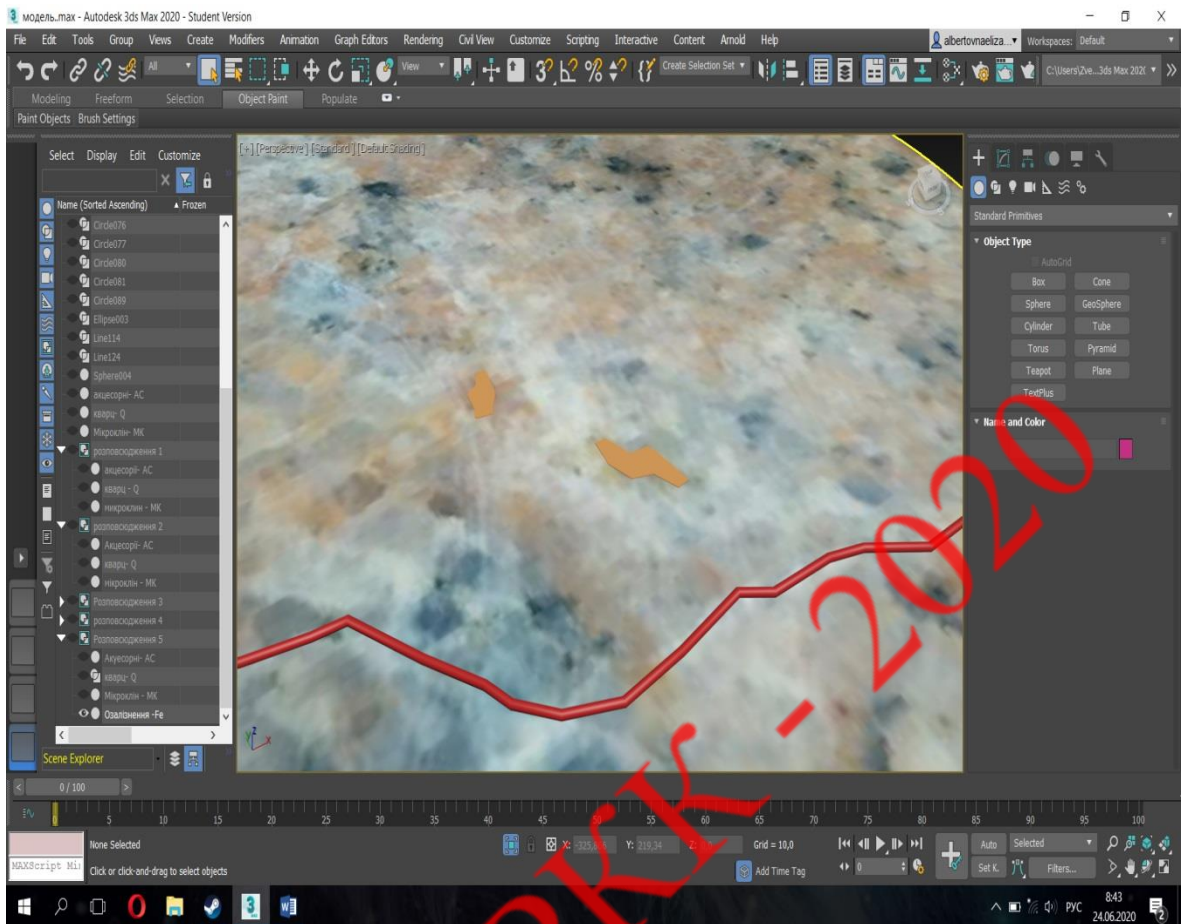


Рисунок 4.6 Розповсюдженість озалізнення

На рис 4.7 зображена розповсюдженість акцесорних мінералів. Зазначимо, що петрографічний аналіз не робився, але візуально та за результатами проведених фізичних випробувань акцесорних мінералів виділено наступні : піроксени - темно коричневого кольору з скляним блиском, ільменіт – маленькі кубічні кристали, темно-сріблястого кольору з металевим блиском, рутил - темно коричневого кольору, жирний металевий блиск. Все акцесорні мінерали мають розміри до 1 мм. В моделі відображається, як загальні акцесорії без розподілу на різновиди, але при необхідності їх також можна виділити в моделі.

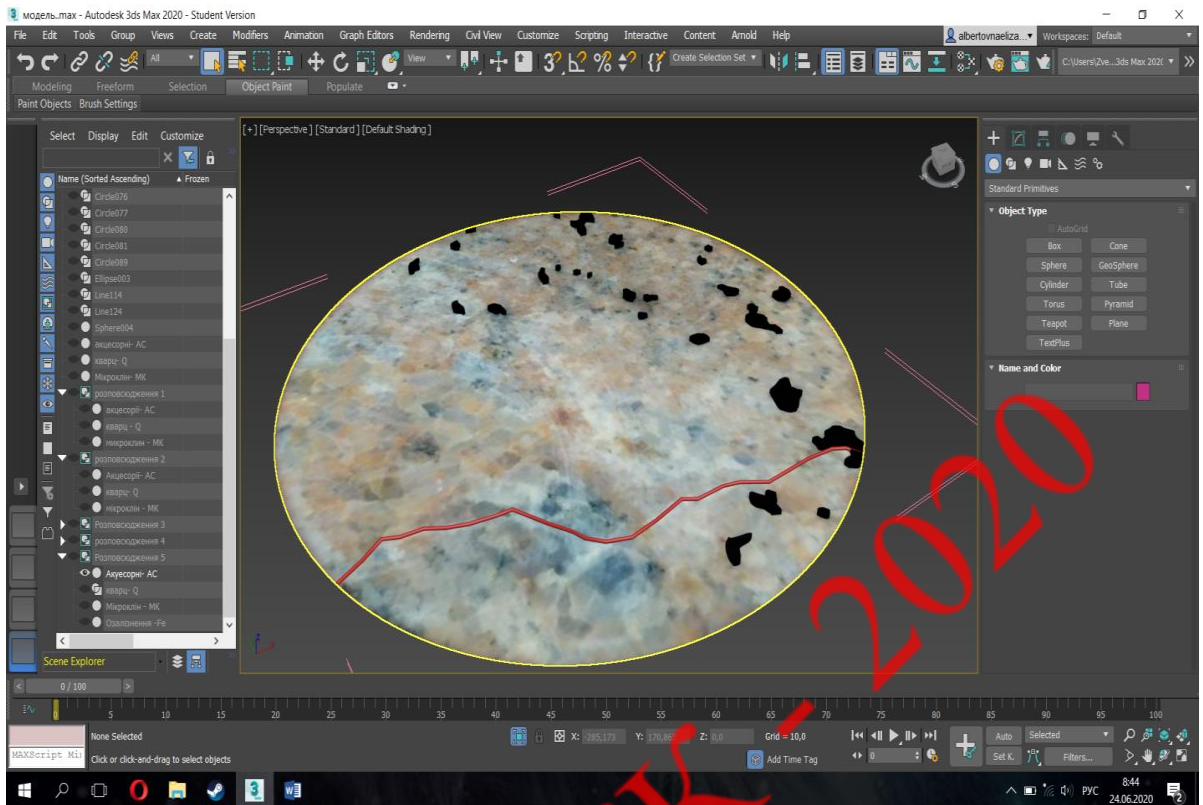


Рисунок 4.7 - Розповсюдженість акцесоріїв

На рис 4.8 зображена розповсюдженість тектонічних порушень. Зразок має не значну кількість мікропорушень. Вони чітко прослідковуються в цифровій моделі.

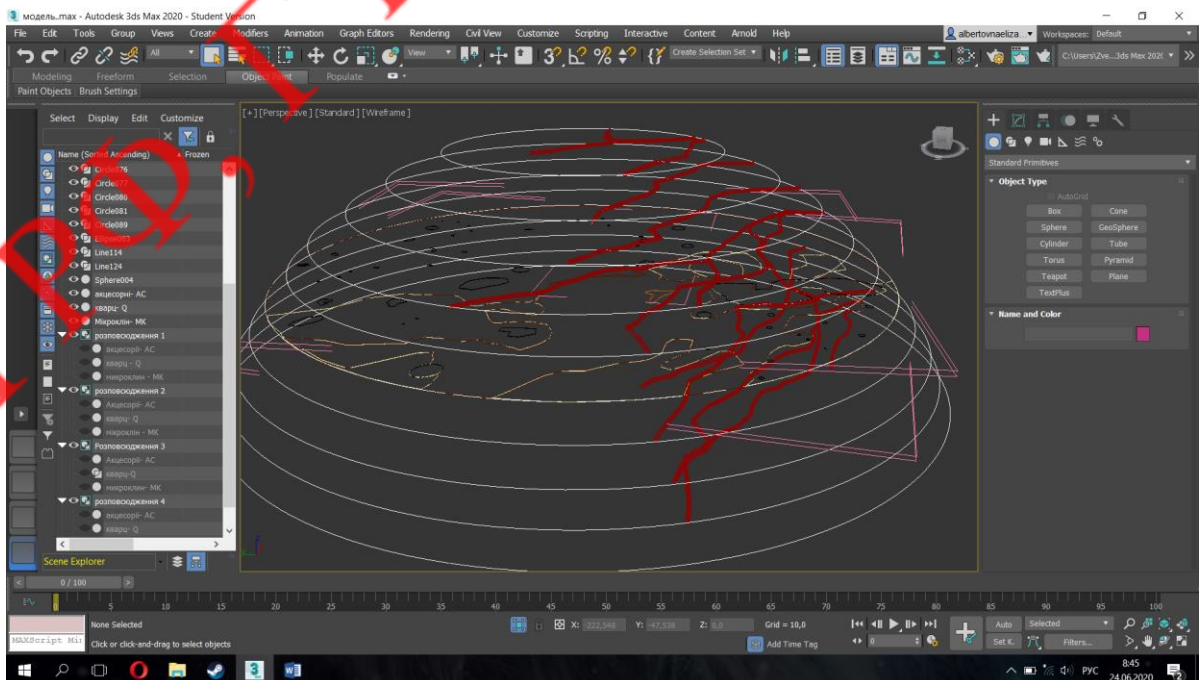


Рисунок 4.8 Розповсюдженість тектонічних порушень

Висновок до розділу.

В результаті роботи отримано кінцеву об'ємну комп'ютерну модель кам'яної сфери. Мінерали в моделі маркуються наступним чином: кварц-Q, альбіт-AL, мікроклін-МК, озалізення-Fe, акцесорії-АС, тектонічні мікропорушення - червоний колір. Є можливість пошарового відключення й спостереження кожного зі складових мінералів окремо, а також спостерігати тектонічну порушеність внутрішньої будови зразка. Така можливість описана в методиці сфераграфічної томографії[13].

ГРФ, ГІР РКК - 2020

ВИСНОВКИ

В результаті апробації методики сфераграфічної томографії була створена комп'ютерна 3D модель розповсюдження мінералів штуфа пегматитів Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита з лабораторного препарату, що було виготовлено на базі лабораторії оцінки якості природних матеріалів в НТУ «Дніпровська політехніка». Дана цифрова модель була створена з використанням програмного комплексу 3DS MAX 2020. В ході роботи також використовувався програмний комплекс Adobe Photoshop CC 2017 для корекції якості фото. Завдяки цифровій деталізації мінеральних агрегатів та тектонічних мікропорушень, з'являється можливість відстежити їх розповсюдженість в середині лабораторного препарату, уточнити геологічну будову зразка, виявити в зразку певні закономірності.

Зазначимо, що висота фотофіксації площини зразка для створення комп'ютерної моделі склала 27 см, зрізання поверхні виконувалось кожні 3 мм. Перевірка точності площини поверхні, що зрізалася здійснювалась також математичним методом, через тригонометричну залежність між діаметром кам'яної сфери і висоти її зрізання.

Геологічна будова та порівняльна характеристика якості опису зразків не обробленого штуфу, лабораторного препарату (кам'яної кулі) та оцифрованого лабораторного препарату наведена в таблиці 4.1.

Як бачимо результати опису одного і того самого зразка при камеральному описі, після механічної обробки та оцифровці є різними. Найбільш інформативним з точки зору повноти інформації при геологічному описі є оцифрований зразок. Більш того присутня можливість пошарового розгляду мінеральних агрегатів в зразку шляхом відокремленого перегляду розповсюдженості складових частин, а саме : кварцу, польових шпатів,

акцесорних мінералів, озалізнення, та тектонічних порушень. Кожну складову можна переглянути окремо в рамках цифрової моделі.

Якщо штуф матиме просторову орієнтацію та буде відібраний згідно методу кернометрії, в ході геологорозвідувальних робіт будь-яких родовищ корисних копалин окрім розсипних, можна здійснювати прогноз розповсюдженості тектонічних порушень масивів порід, розподіл та просторову орієнтацію мінералів та зруденінь, що вивчаються. В подальшому ці данні можуть використовуватись для складання пошарових карт розповсюдженості порушення масивів порід, розподілу та просторової орієнтації мінералів та зруденінь, їх 3D моделювання, але вже в програмних комплексах безпосереднього геологічного спрямування таких як : Macomine, SurPack, Mapinfo. Недоліком роботи є те що авторам не вдалося отримати орієнтований зразок штуфа через відсутність матеріалів керносковища.

Складність отримання дозволів та інших супутніх документів унеможливило використання наявного обладнання для відбору орієнтованих штуфів. Слід зазначити, що при проведенні геологорозвідувальних робіт, доцільність відбору орієнтованого зразка керну є надзвичайно важливою для отримання якісного результату при побудові цифрової моделі.

В даній роботі вперше було скомбіновано методики геологічного вивчення зразків та методику об'ємного 3D моделювання, що надало можливість створити та описати внутрішню будову зразка та реалізувати її спостереження в цифровому пошаровому відображенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Ісаков Л. В., Бобров О. Б. Пегматитові поля Середньопридніпровського пегматитового району та основні геологічні чинники їх формування / Стаття //УКР ДГРІ///2016 - 152-168с.
- 2 Никаноров А. С. Гранитные пегматиты. – М. : Недра, 1979. – 168 с.
- 3 Основні типи породних комплексів докембрію Українського щита / О. Б. Бобров, Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук [та ін.] // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2004. – № 1. – С. 5–17.
- 4 Формаційний аналіз нижньодокембрійських комплексів Українського щита під час проведення геолого-знімальних робіт (теоретико-практичні аспекти) / О. Б. Бобров, А. М. Лисак, К. І. Свешніков [та ін.]. – К. : УкрДГРІ, 2006. – 164 с.
- 5 Сиворонов А. А. Тектоническое строение фундамента Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области / А. А. Сиворонов, М. Г. Сирота, А. Б. Бобров // Геол. журн. – 1983. – Т. 43, № 6. – С. 52–64.
- 6 Ісаков Л.В., Шурко М.М., Липчук Л.В., Єлькіна І.Б. Керамічні пегматити як результат єдиного анатектичного процесу, що призвів до формування мігматитів Базавлуцького гнейсо-мігматитового куполу (Середнє Придніпров'я) Стаття //УКР ДГРІ///2016- 150с.
- 7 Ісаков Л. В. Деякі геолого-структурні особливості перспектив Середньопридніпровського мегаблоку на рідкіснометалеві пегматити./ Л. В. Ісаков. *Геол.-мінерал. вісн.* – 2006. – № 2 (16). – С. 66–70.
- 8 Гинзбург А. И. Факторы, контролирующие размещение редкометальных пегматитов на территории древних платформ / А. И. Гинзбург, И. Н. Тимофеев, Л. Г. Фельдман // *Вопросы прикладной геохимии и петрофизики.* – К. : Изд-во Киев. ун-та, 1975. – С. 14–24.

- 9 Солодов Н. А. Научные основы перспективной оценки редкометальных пегматитов / Н. А. Солодов. – М. : Наука, 1971. – 292 с.
- 10 Гинзбург А. И. О глубинах образования гранитных пегматитов / А. И. Гинзбург, Г. Г. Родионов // *Геология рудных месторождений* 1960. № 1. – С. 45–54.
- 11 https://uk.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_MAX
- 12 https://igmof.org.ua/sites/default/files/abstracts_metasomatismores_2016.pdf
- 13 Хоменко Ю.Т., Хоменко Д.Ю., Хоменко Н.В. До питання методики сфераграфічної томографії при геологічних дослідженнях. *Молодь: науки і інновації*: Тези доповідей 26 квітня 2020 р. НТУ «ДП». С. 1-2.
- 14 Спосіб одержання твердого тіла кулеподібної форми із природних матеріалів або їх синтетичних аналогів : пат. 93566 Україна: МПК В28D1/00, В28D1/14. № а2009 02004 ; заявл.06.03.2009; опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4.

ГРФ, ГІР РКК 2020

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
			Документація		
1	A4	ТСТ.ОППМ.20.06.ПЗ	Пояснювальна записка	55	
			Графічні матеріали		Електронний ресурс
			Презентація Microsoft PowerPoint	26	Слайди

ГРФ, ГІР РКК - 2020

ДОДАТОК Б

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи

на тему: «Комп'ютерне моделювання лабораторних препаратів для поглибленої інтерпретації геологічних даних на прикладі пегматитів Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита»

студентки групи 184-17ск-2 Бодряго Єлизавети Альбертівни

Завдання кваліфікаційної роботи відповідає вимогам освітньо-професійної програми Гірництво рівня бакалавр.

Об'єкт досліджень – пегматити Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита.

Актуальність роботи пов'язана з провадженням методу сферографічної томографії для вивчення мінерального складу, тектонічних порушень, а також за необхідності деталізації геологічної будови рудних тіл родовищ корисних копалин та визначення розповсюдження в них зруденіння.

Зміст роботи у повному обсязі відповідає дескрипторам національної рамки кваліфікації - знання і розуміння основних процесів, історії та складу Землі як природної системи. При виконанні роботи застосовані основні професійні компетентності бакалавра - здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми гірництва або у процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів гірничих наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, виконувати обробку інформації в ПЕОМ з використанням математичних методів.

Застосовані методи досліджень дали змогу здійснити апробацію методу сферографічної томографії, вперше отримати об'ємну модель розподілу мінеральних компонентів в об'єкті досліджень, якісно продемонструвати тектонічну порушеність.

Робота має практичну значимість, яка полягає у використанні отриманих результатів при прогнозуванні перспективності зруденіння, комбінуванні методик геологічного вивчення корисних копалин та методики сферичної томографії.

Кваліфікаційна робота характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності з незначними неточностями при реалізації, що не впливає на кінцевий результат оцінювання роботи. В роботі показано професійне володіння методиками сучасних комп'ютерних програм Microsoft Word, 3DS MAX, Adobe Photoshop CC та доброї механічної обробки кам'яного матеріалу.

Пояснювальна записка, як і презентація, оформлена з урахуванням діючих стандартів вчасно та охайно.

Рекомендована оцінка за умови активного захисту «відмінно».

Студентка Бодряго Єлизавета Альбертівна заслуговує присвоєння кваліфікації бакалавр з Гірництва за спеціалізацією Гірнична геологія з відзнакою.

Керівник роботи
асистент

Хоменко Д.Ю.

ДОДАТОК В

Відгук
рецензента кваліфікаційної роботи

на тему: «Комп'ютерне моделювання лабораторних препаратів для поглибленої інтерпретації геологічних даних на прикладі пегматитів Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита»

студентки групи 184-17ск-2 Бодряго Єлизавети Альбертівни

Завдання кваліфікаційної роботи відповідає вимогам освітньо-професійної програми Гірництво рівня бакалавр.

Об'єкт досліджень – пегматити Базавлуцького пегматитового поля Середньопридніпровського мегаблоку Українського кристалічного щита.

Актуальність роботи пов'язана з провадженням методу сферографічної томографії для вивчення мінерального складу, тектонічних порушень, а також за необхідності деталізації геологічної будови рудних тіл родовищ корисних копалин та визначення розповсюдження в них зруденіння.

Зміст роботи у повному обсязі відповідає дескрипторам національної рамки кваліфікації - знання і розуміння основних процесів, історії та складу Землі як природної системи. При виконанні роботи застосовані основні професійні компетентності бакалавра - здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми гірництва або у процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів гірничих наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, виконувати обробку інформації в ПЕОМ з використанням математичних методів.

Застосовані методи досліджень дали змогу здійснити апробацію методу сферографічної томографії, вперше отримати об'ємну модель розподілу мінеральних компонентів в об'єкті досліджень, якісно продемонструвати тектонічну порушеність.

Робота має практичну значимість, яка полягає у використанні отриманих результатів при прогнозуванні перспективності зруденінь, комбінуванні методик геологічного вивчення корисних копалин та методики сферичної томографії.

Кваліфікаційна робота характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності з незначними неточностями при реалізації, яка полягає в відсутності просторової орієнтації первинного штуфа, але це не впливає на кінцевий результат оцінювання роботи. В роботі показано професійне володіння методиками сучасних комп'ютерних програм Microsoft Word, 3DS MAX, Adobe Photoshop CC та доброї механічної обробки кам'яного матеріалу.

Пояснювальна записка, як і презентація, оформлена з урахуванням діючих стандартів вчасно та охайно.

Рекомендована оцінка за умови активного захисту «відмінно».

Студентка Бодряго Єлизавета Альбертівна заслуговує присвоєння кваліфікації бакалавр з Гірництва за спеціалізацією Гірнична геологія з відзнакою.

Рецензент
Начальник НДЧ НТУ «Дніпровська політехніка»
доктор. технічних наук.
професор

Дичковський Р.О