

Taras Shevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology
Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrography

Назва теми НДР:

Заключний звіт
(етапи 1-5)

Петролого-геохімічне моделювання еволюції земної кори та її провідних рудогенеруючих систем з комплексною оцінкою руд відповідних родовищ та створенням комплементарного Геологічного Депозитарію

Номер НДР: 20КП049-02

Вид дослідження: **прикладна**

Науковий керівник НДР: **С.Є. Шнюков**

Термін виконання: **січень 2020 р. – грудень 2024 р.**



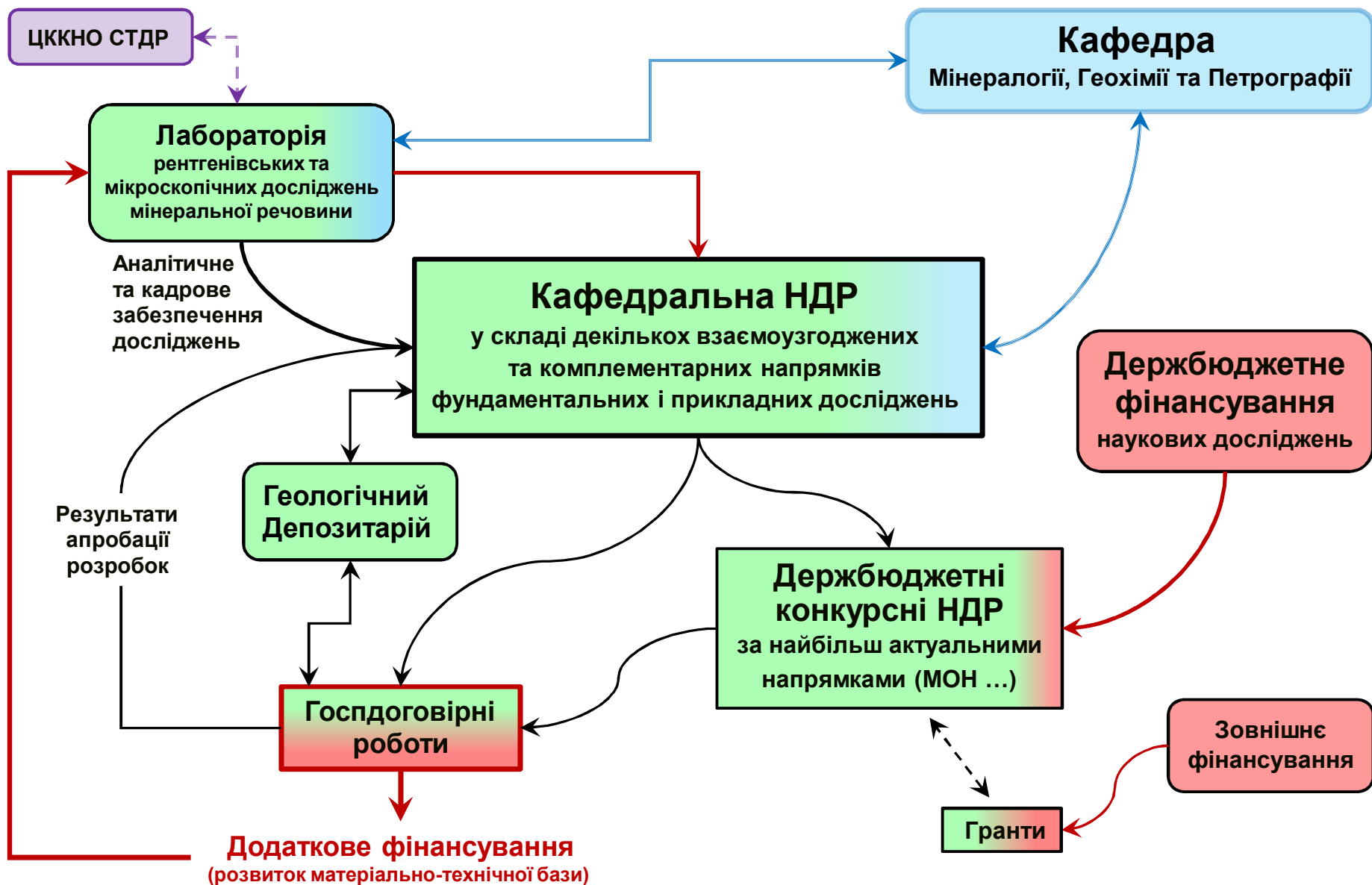
S. Shnyukov

shnyukov54@gmail.com

shnyukov54@knu.ua

*Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrography
Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasylykivska Str., 03022, Kyiv, Ukraine*

Загальний принцип організації досліджень:



Напрямки досліджень:

- 1. Еволюція земної кори Українського щита з визначенням петрологічного вмісту та металогенічної спеціалізації її етапів.**

Об'єкти дослідження: (1) Коростенський та Корсунь-Новомиргородський анортозит-рапаківігранітні плутони, (2) Чернігівський та Проскурівський карбонатитові масиви, (3) палео- та сучасні алювіальні, льодовикові, флювіогляціальні та прибережно-морські відклади (в т.ч. в розрізі ДДВ, Причорноморської западини, тощо).

- 2. Еволюція земної кори Антарктичного півострова.**

Об'єкти дослідження: вулканіти острова Десепшен, відклади сучасного шельфу Антарктиди, уламкові породи палеозойської серії Триніті, габроїди та гранітоїди району УАС «Академік Вернадський».

- 3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд перспективних родовищ УЩ, формування яких зумовлено провідними етапами його еволюції.**

Об'єкти дослідження: залізні руди родовищ Кременчуцького залізорудного району, апатит-рідкіснометалеві руди Новополтавського карбонатитового родовища, ільменіт-титаномagnetит-apatитові руди габроїдів Коростенського плутону та рідкіснометалеві руди метасоматитів Суцано-Пержанської зони.

- 4. Розвиток лабораторно-аналітичного комплексу.**

Призначення: Лабораторно-аналітичне забезпечення вирішення задач НДР.

- 5. Створення комплементарного Геологічного Депозитарію (речовинно-інформаційного банку даних).**

Об'єкти дослідження: Відповідають переліченим у пп. (1)-(3).

Призначення: довготривале зберігання, що створює можливість відтворення отриманих результатів та, як наслідок, принципового їх розвитку у майбутньому. Інформаційна та речовинна складові Депозитарію формуються паралельно з отриманням результатів (1)-(4), безпосередньо забезпечуючи їх одержання.

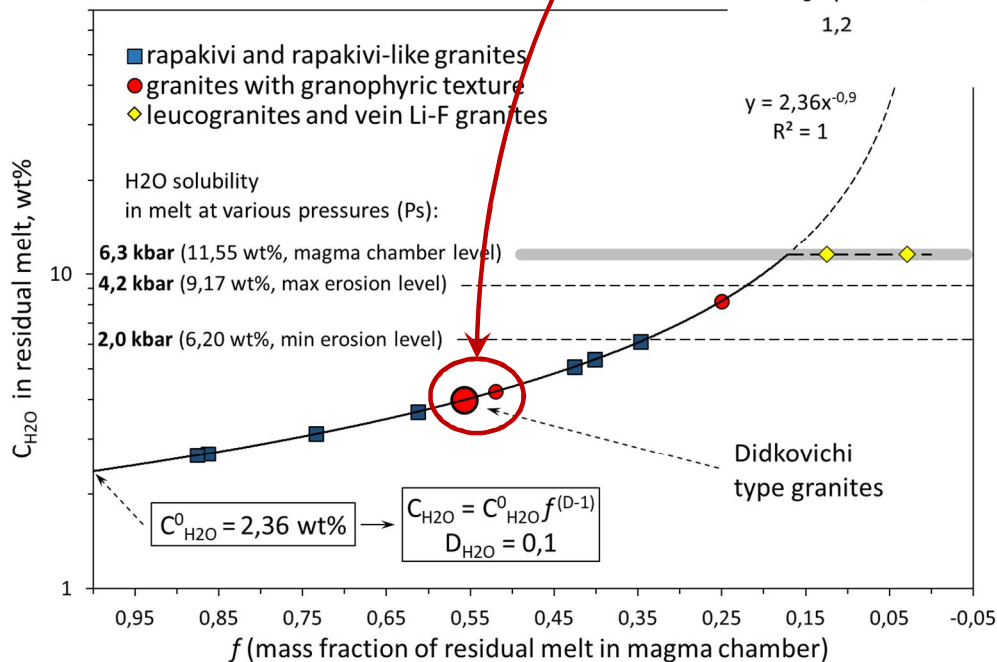
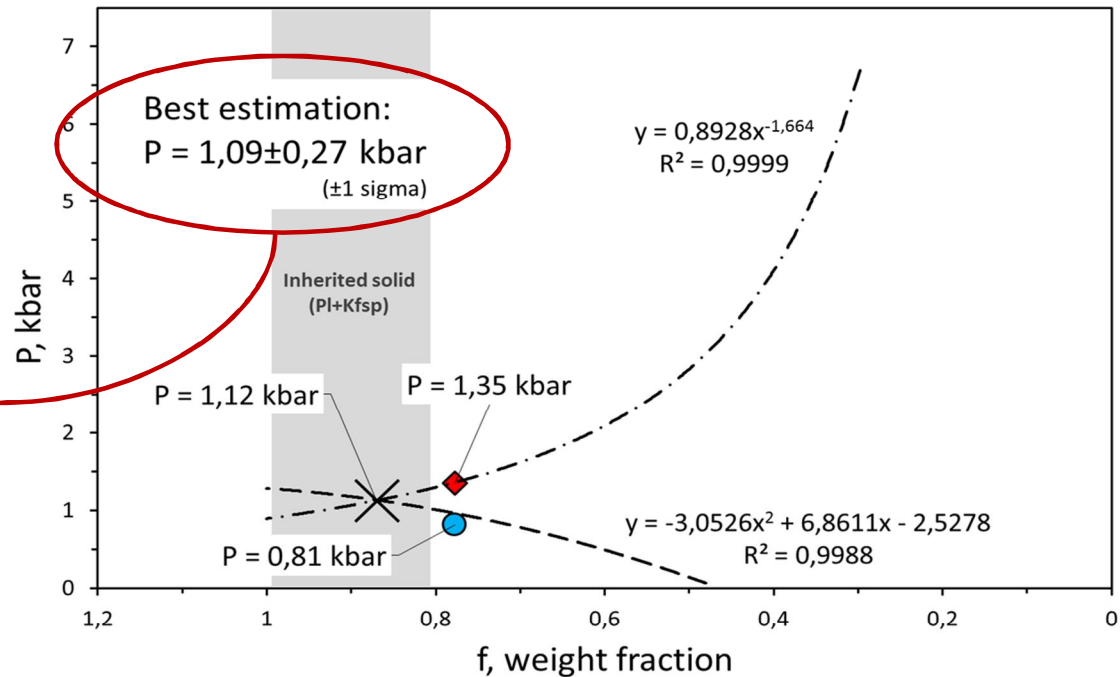
1. Еволюція земної кори Українського щита

Ключові магматичні та магматогенно-гідротермальні системи УЩ

Дослідження були спрямовані на розвиток раніше створених петролого-геохімічних моделей їх формування та функціонування.

Коростенський плутон (КП) як приклад:

Запропоновано та реалізовано на прикладі гранофірових гранітів новий підхід до оцінки тиску формування магматичних порід складної будови.



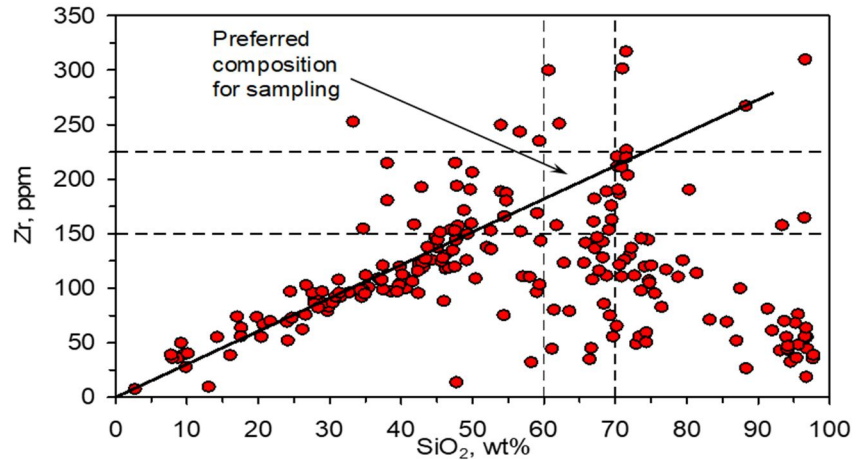
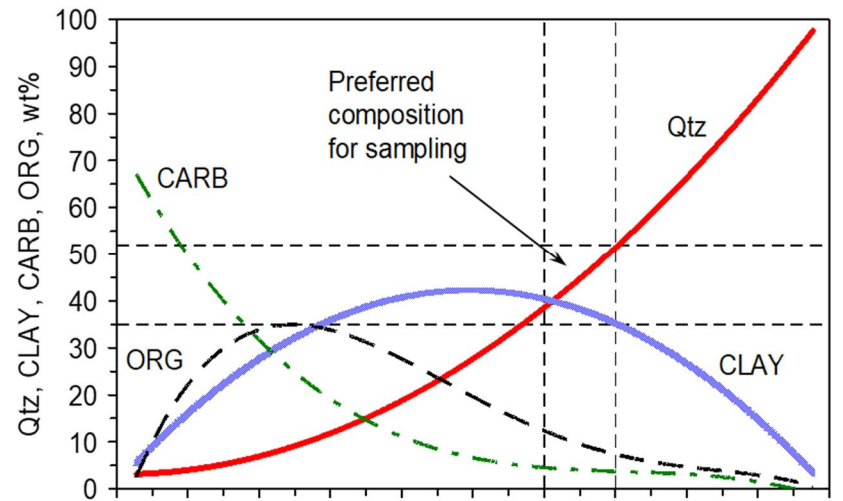
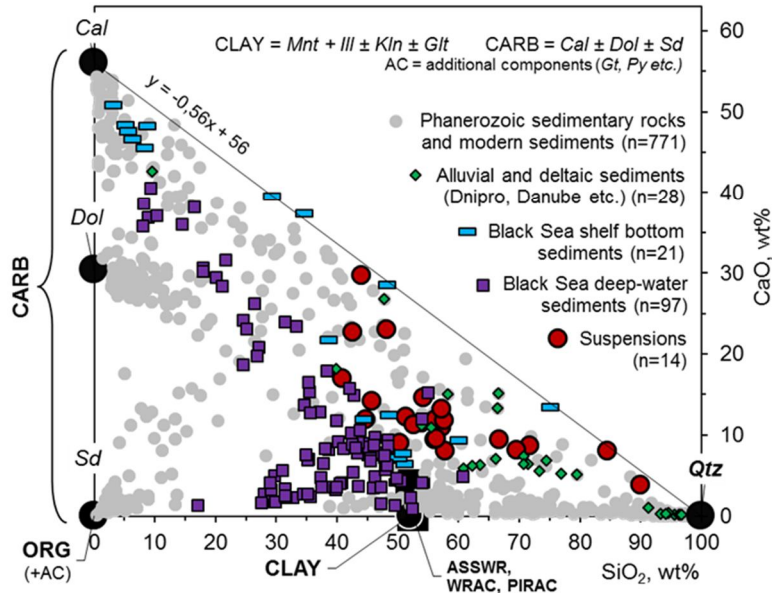
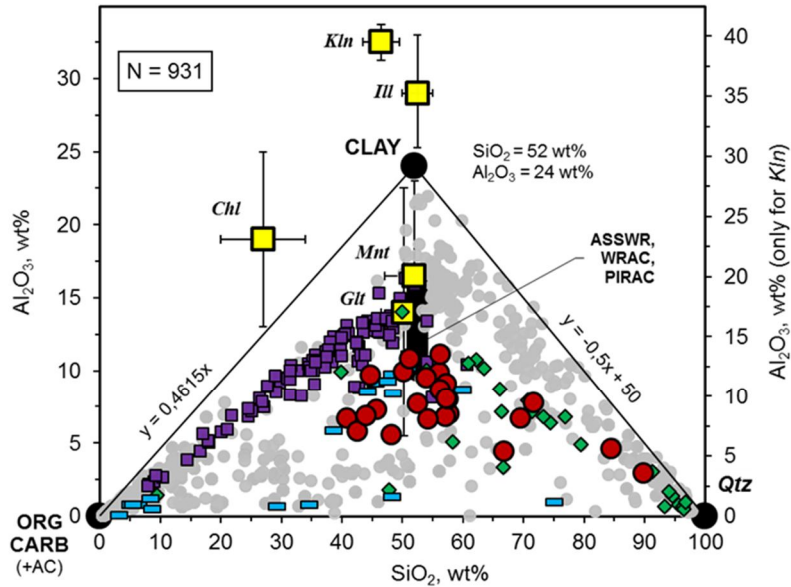
Подальше використання запропонованого підходу суттєво підвищить достовірність оцінок флюїдного режиму магматичної системи КП, умов та рівня глибини магмогенерації.

Це дозволить узгодити геохімічну модель КП з загальною моделлю зростання потужності континентальної кори регіону, яка розробляється на основі геохімічного дослідження великих детритових популяцій циркону та монациту з продуктів денудації УЩ.

1. Еволюція земної кори Українського щита

Репрезентативні продукти денудації УЩ

Запропоновано 4-компонентну літологічну модель осадових утворень



На її основі розроблено попередні критерії оцінки репрезентативності опробування продуктів алювіального дренажу УЩ для геохімічного дослідження великих детритових популяцій циркону та монациту з метою побудови загальної моделі зростання потужності континентальної кори регіону та її узгодження з моделями магматичних систем.

2. Еволюція земної кори Антарктичного півострова

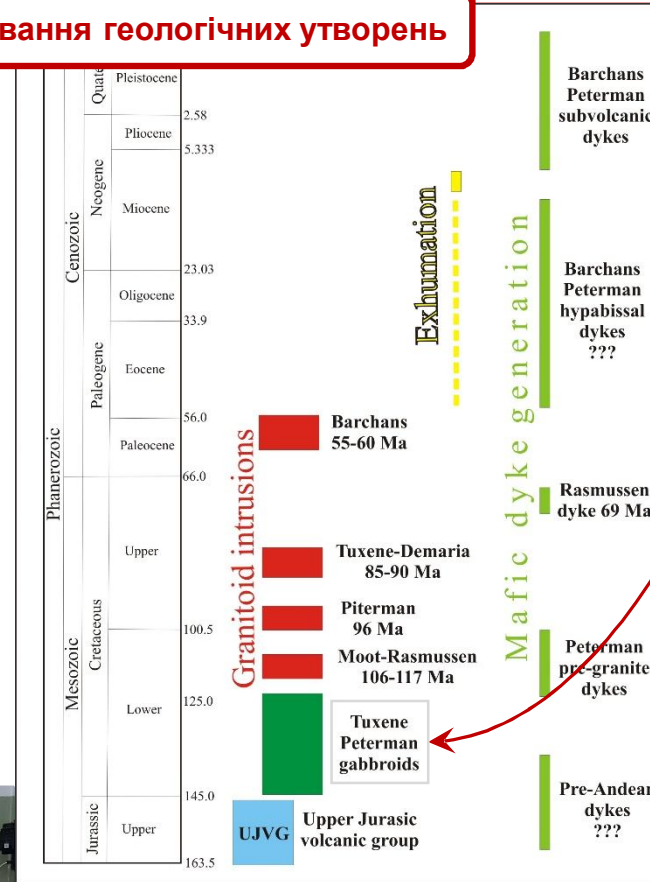
Уточнено послідовність формування геологічних утворень



З'ясовано, що усі виходи габроїдів являють собою лише невеликі оголені частини значно більших інтрузивних тіл, які занурені нижче рівня моря.

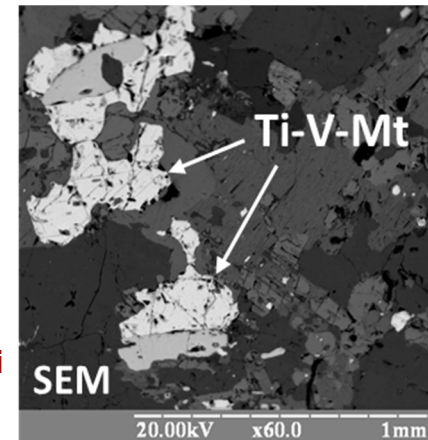
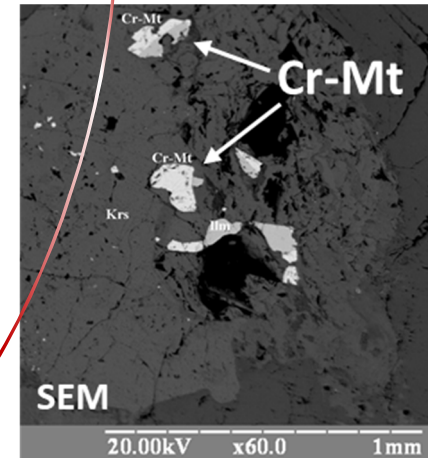


За результатами досліджень захищено (2020) кандидатську дисертацію А.Алексєнко "Геологія габроїдних інтрузій архіпелагу Вільгельма Західної Антарктики"



Отримано нові данні про геологію, склад та рудоносність габроїдних інтрузій архіпелагу Вільгельма

(Mytrokhyn et al., 2017, 2020; Митрохін та ін., 2018, 2020)



Доведено первинно-магматичну природу розшарованості у габроїдах.

Прогнозується можливість знаходження Fe-Ti-V та Cr-Ni-EPG зруденіння у донних частинах габроїдних інтрузій.

2. Еволюція земної кори Антарктичного півострова

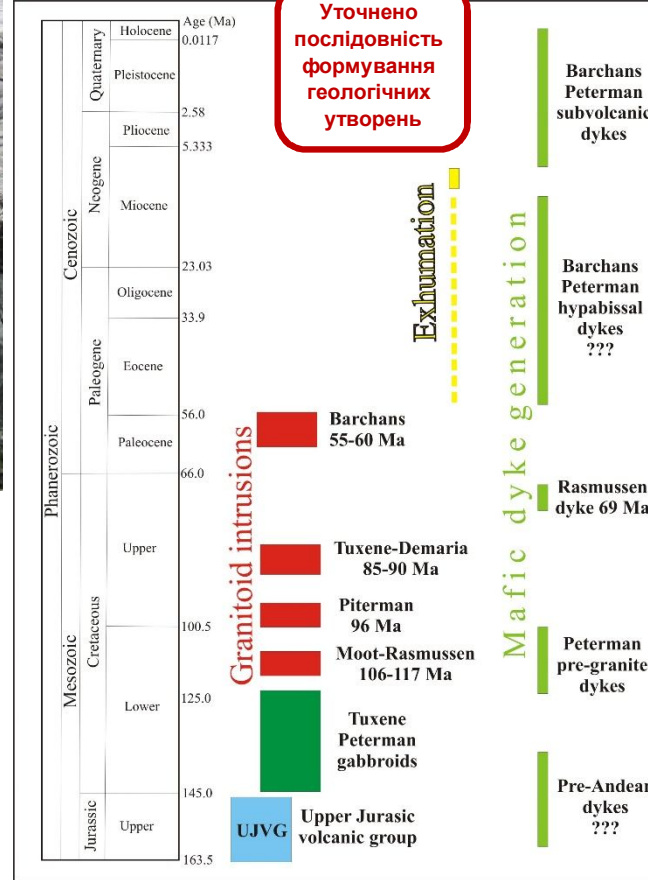
Детально досліджені дайкові утворення.
Виявлено прояви
Ne-Q магматизму
на Аргентинських
островах



Доведено Ne-Q вік
дайок базальтів
Барчанс-Фордж



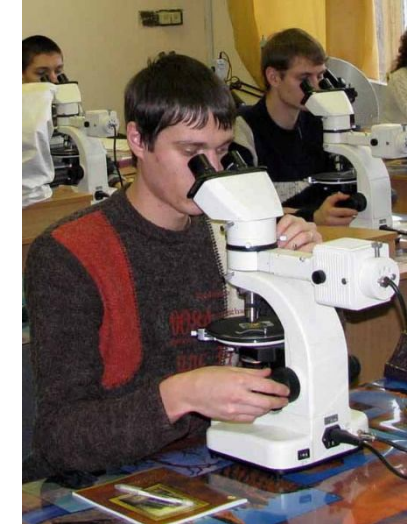
З'ясовані
закономірності
просторового
розподілу
Ne-Q дайок



Уточнено
послідовність
формування
геологічних
утворень

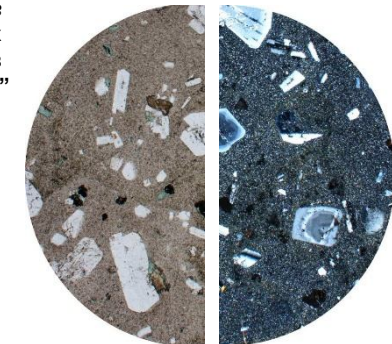
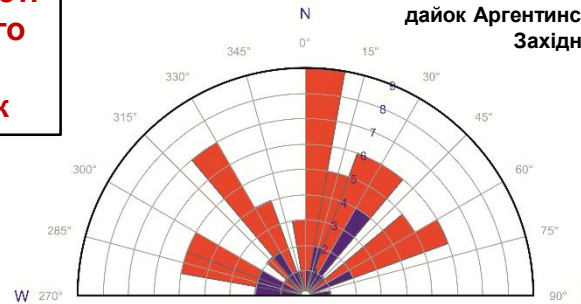


(Mytrokhyn et al., 2023;
Mumрохин та ін., 2022)



Визначено особливості
речовинного складу та
рудна спеціалізація
Ne-Q дайкових порід

За результатами виконаних досліджень захищено (2019)
кандидатську дисертацію Л.Гаврилів
"Геологічна позиція кайнозойських
дайок Аргентинських островів
Західної Антарктики"

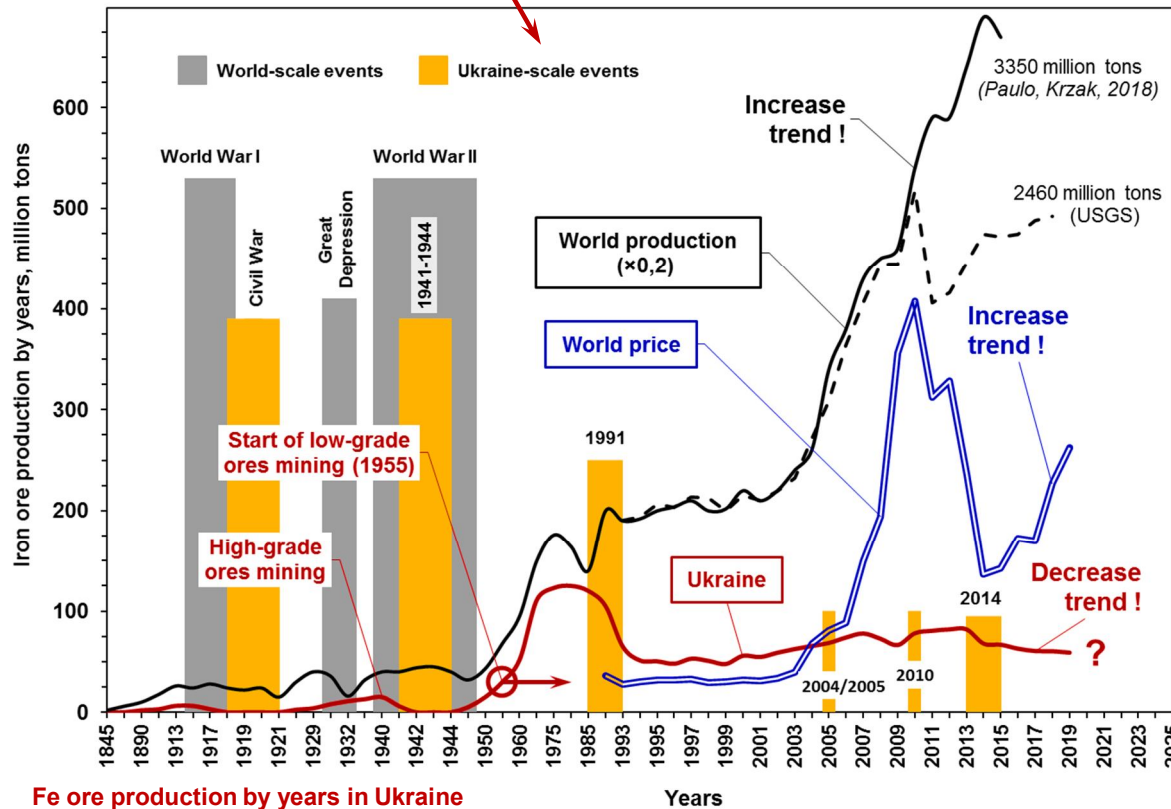


3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд

Об'єкти дослідження:

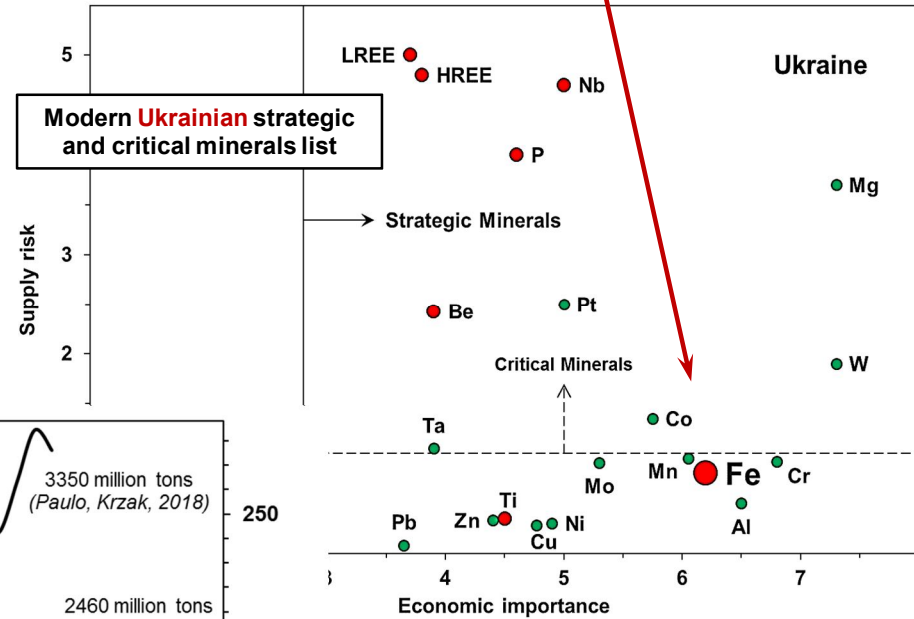
- Залізні руди родовищ Криворізького басейну та Кременчуцького залізорудного району,
- Апатит-рідкіснометалеві руди Приазов'я,
- Ільменіт-титаномагнетит-апатитові руди Коростенського плутону,
- Рідкіснометалеві руди Суцано-Пержанської зони.

Залізні руди України як приклад



Fe ore production by years in Ukraine in comparison with World Fe ore production and prices

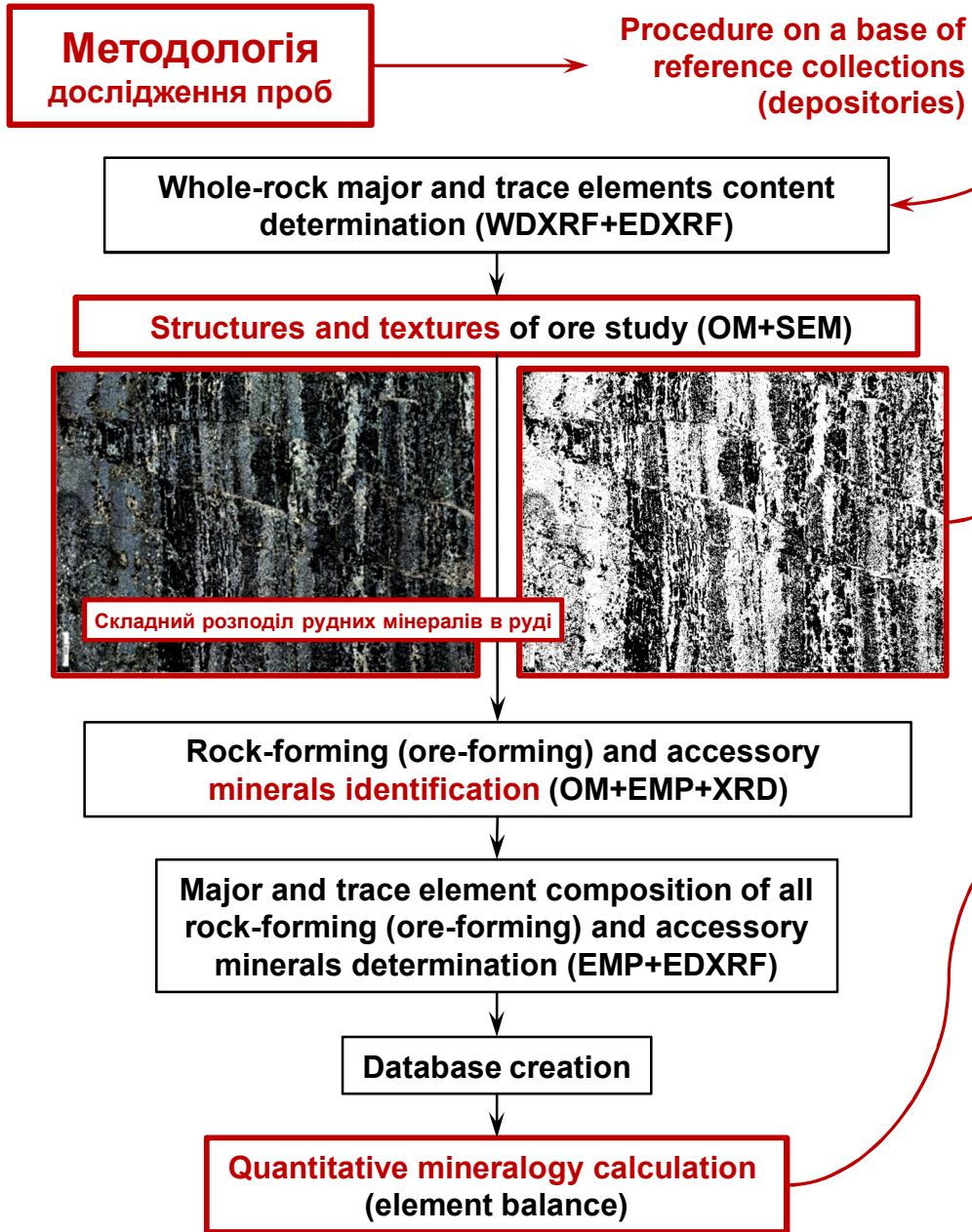
BIF-hosted Fe ores as a typical example of a strategic raw material for Ukraine



Проблема I:
Тенденція до зниження вітчизняного видобутку залізних руд на тлі зростання їх світового видобутку та підвищення цін

Проблема II:
Відсутність сучасних, однак достатньо простих та дешевих технологій комплексного дослідження речовинного складу руд, які могли б забезпечити коректну оцінку їх якості та інвестиційної привабливості.

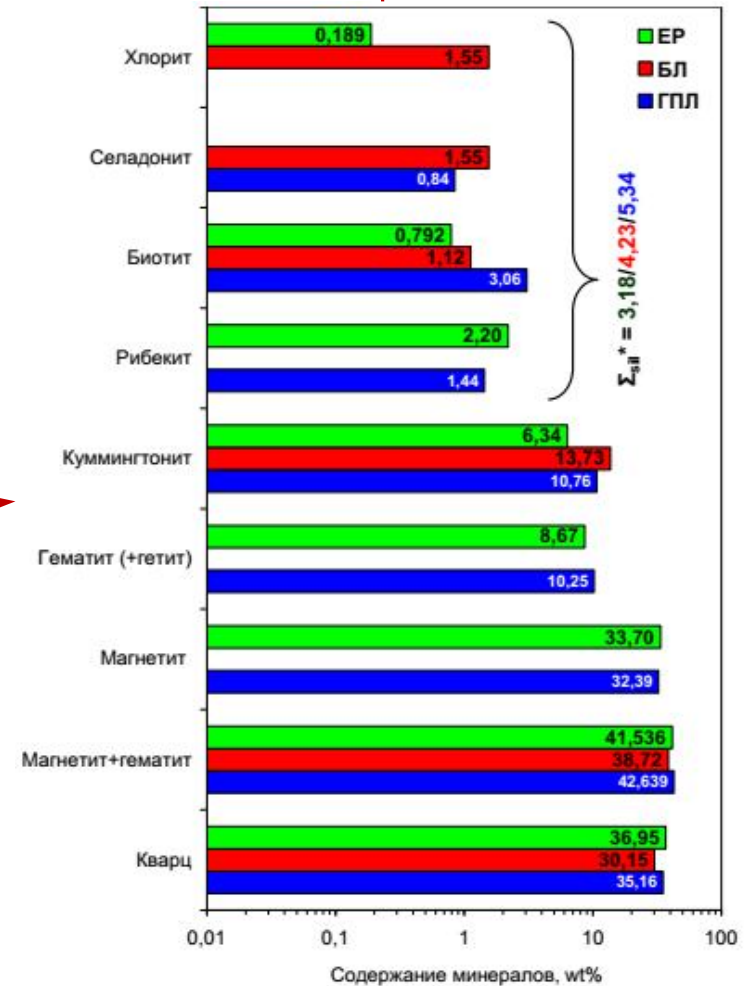
3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд



BIF-hosted Fe ores as a typical example of a strategic raw material for Ukraine

Будова руди, повний мінеральний склад, кількісне визначення концентрацій мінералів

Базові характеристики руди



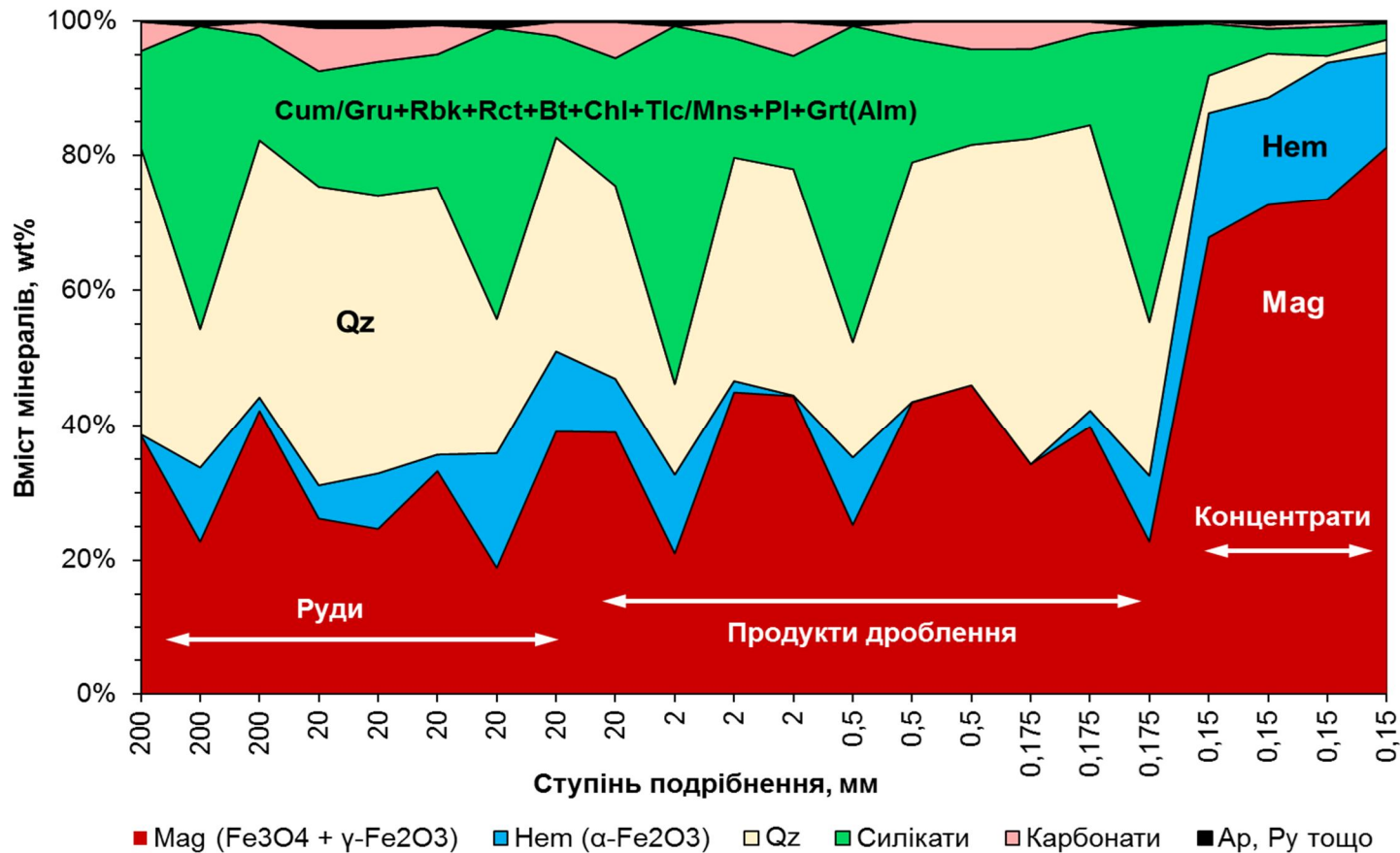
3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд

BIF-hosted Fe ores as a typical example of a strategic raw material for Ukraine

Апробація та впровадження

Базові характеристики руди:

повний кількісний мінеральний склад



Зміна мінерального складу залізних руд ГЗК Криворізького басейну від їх видобутку та переробки до збагачення та отримання кінцевого товарного продукту - магнетитового концентрату. Спостерігаються досить широкі варіації мінерального складу вихідних руд, які фактично без змін зберігаються в продуктах подрібнення на перших етапах переробки. Магнетитові концентрати принципово відрізняються від руд значно більш постійним складом при мінімальному вмісті нерудних мінеральних компонентів.

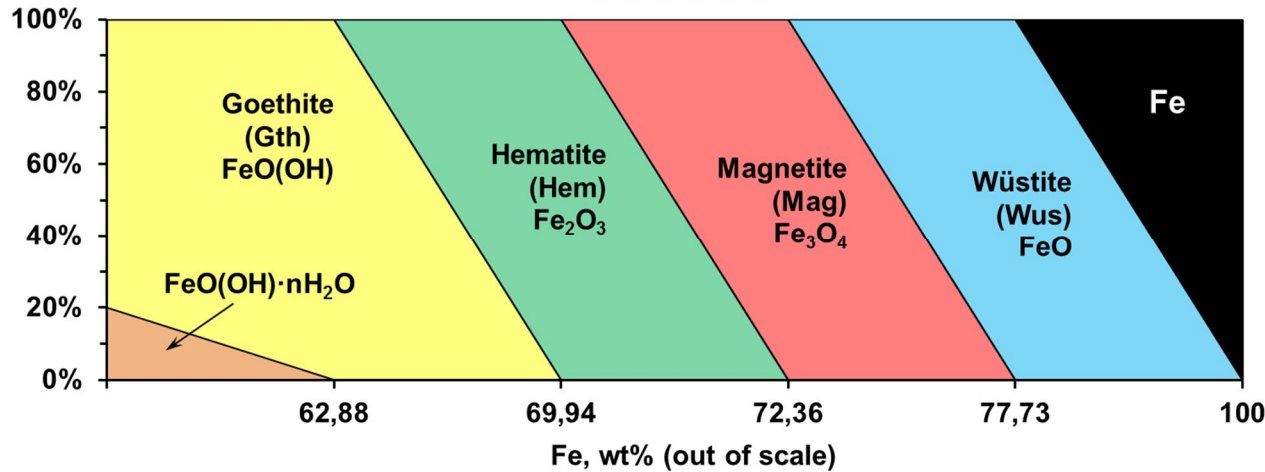
3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд

BIF-hosted Fe ores as a typical example of a strategic raw material for Ukraine

Засади та методологія

Властивості та склад рудних мінералів Fe:

система Fe – FeO – Fe₃O₄ – Fe₂O₃ – H₂O



Спрощена схема системи Fe – FeO – Fe₃O₄ – Fe₂O₃ – H₂O для асоціюючих мінералів заліза руд Кременчуцького залізорудного району та Криворізького басейну (Shnyukov et al., 2023)

Розрахунок фазового складу за вмістом Fe на локальному рівні (EPMA)

Simplified Iron Mineral System:												
FeO(OH)·nH ₂ O	—	FeO(OH)	—	α-Fe ₂ O ₃	—	γ-Fe ₂ O ₃	—	Fe ₃ O ₄	—	FeO	—	Fe
Gth·nH ₂ O	←	Gth	←	Hem Hem	↔	Mgh*	←	Mag Mag	±	Wus	±	Iron
← Increase in O ₂ fugacity (fO ₂) ← Decrease in temperature (T)				Martitisation Musketovitzation *Additional technogenic influence? Multistage alteration under T and fO ₂ fluctuations *Magnetic field impact? (magnetic separation)				Min fO ₂ (log fO ₂ → -25) Max T (t → 500 °C)				
Regressive stage						Progressive stage						
Regional metamorphism												

Враховано дані (Frezzotti et al., 1994; Miyashiro, 1964; Seifert et al., 2010) щодо полів стабільності гематиту, магнетиту, вюстити та самородного заліза.

Mag – магнетит (Fe₃O₄)
 Hem – гематит (α-Fe₂O₃)
 Gth – гетит [FeO(OH)]
 Wus – вюстит (FeO)
 Mgh – маггеміт (γ-Fe₂O₃)

* Можливе техногенне утворення.

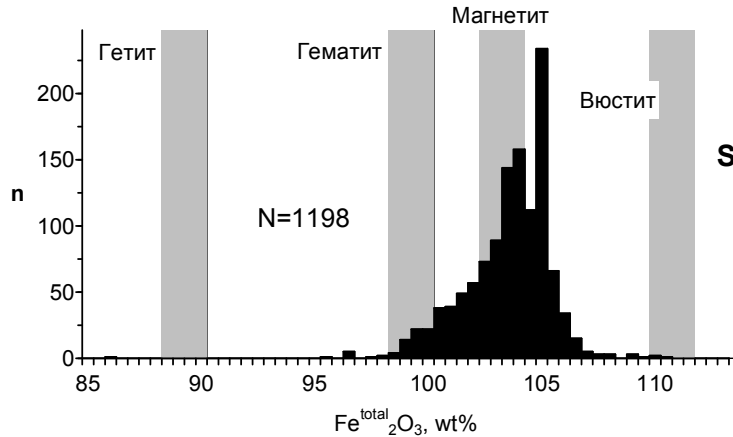
Позначення мінералів – за (Whitney & Evans, 2010)

3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд

BIF-hosted Fe ores as a typical example of a strategic raw material for Ukraine

Апробація та впровадження

Властивості та склад рудних мінералів Fe: система Fe – FeO – Fe₃O₄ – Fe₂O₃ – H₂O

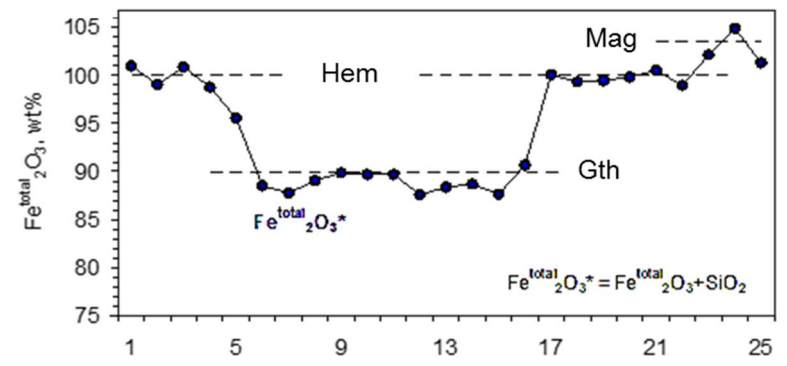
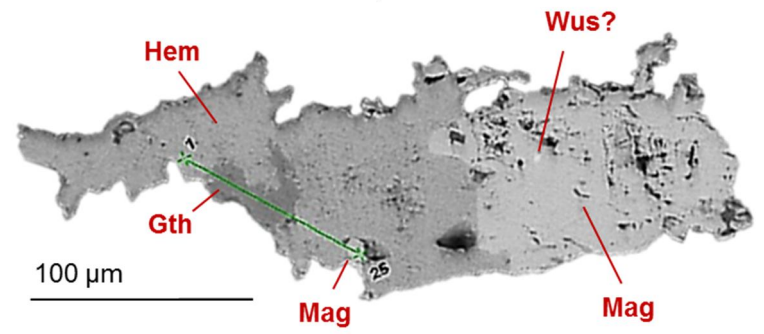
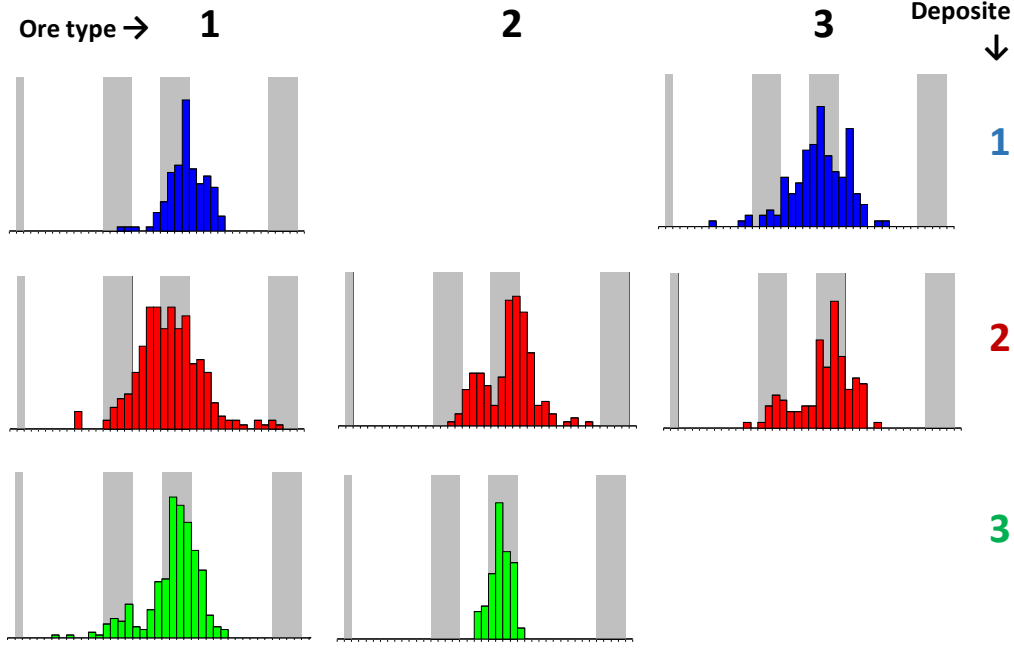


Summarized data

Variations in Fe ore minerals composition

Important data for ore processing (magnetic separation)!

Case studies (examples)

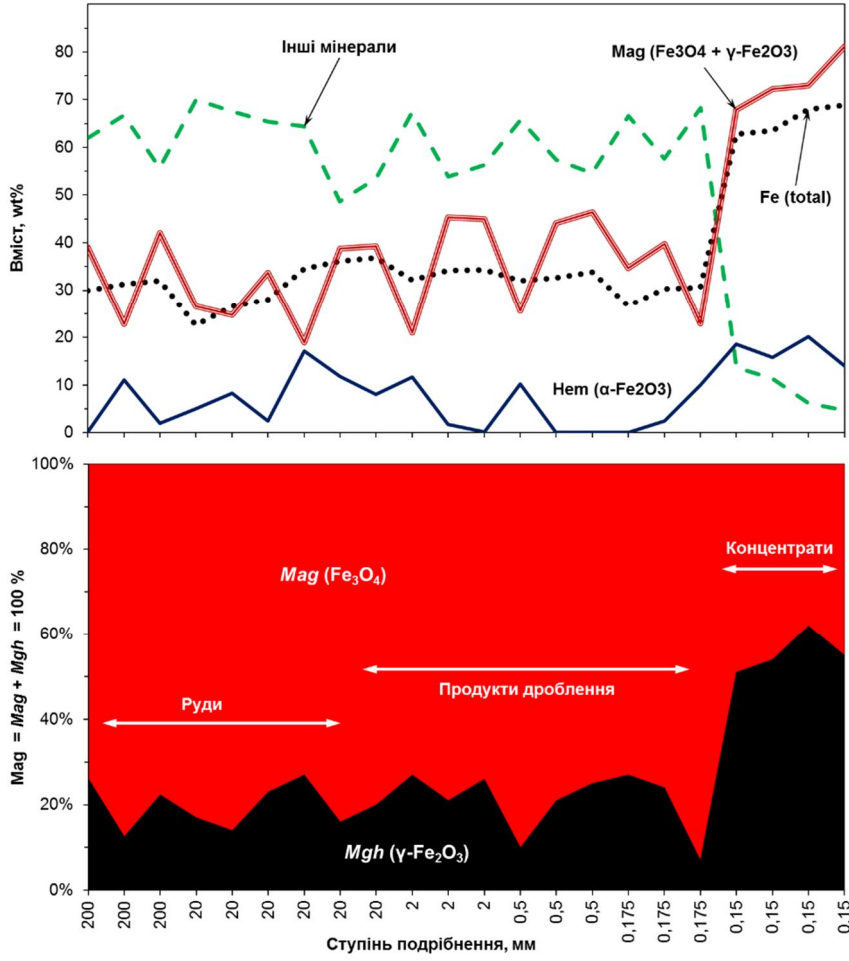


3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд

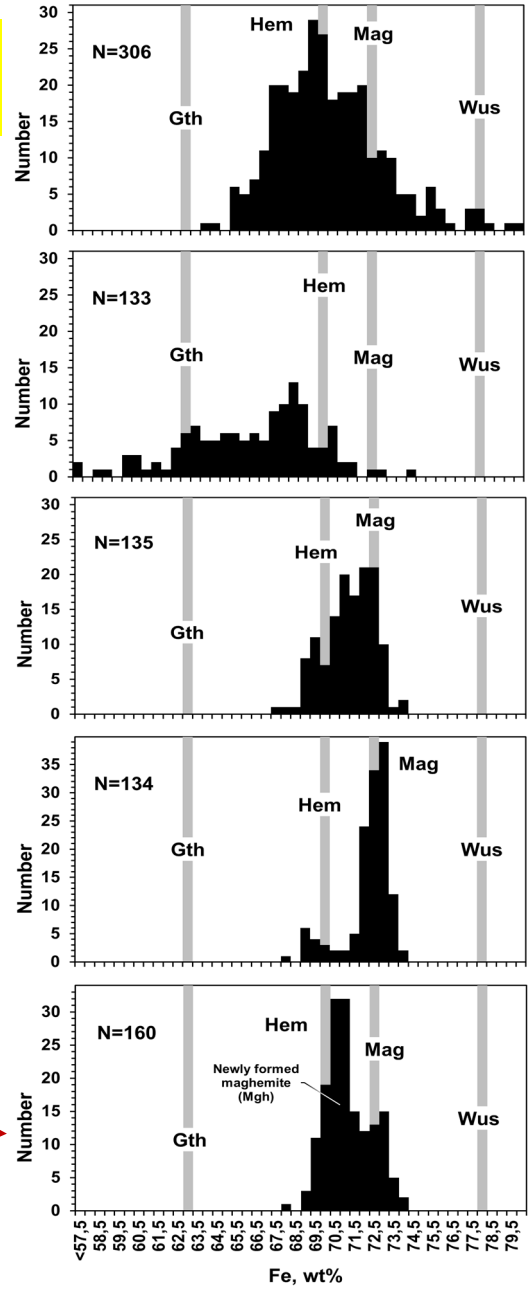
BIF-hosted Fe ores as a typical example of a strategic raw material for Ukraine

Апробація та впровадження

Властивості та склад рудних мінералів Fe: система Fe – FeO – Fe₃O₄ – Fe₂O₃ – H₂O



Fe-ore processing path:
Ore
↓
Concentrate



Maghemite formation
in iron ore concentrate after magnetic separation

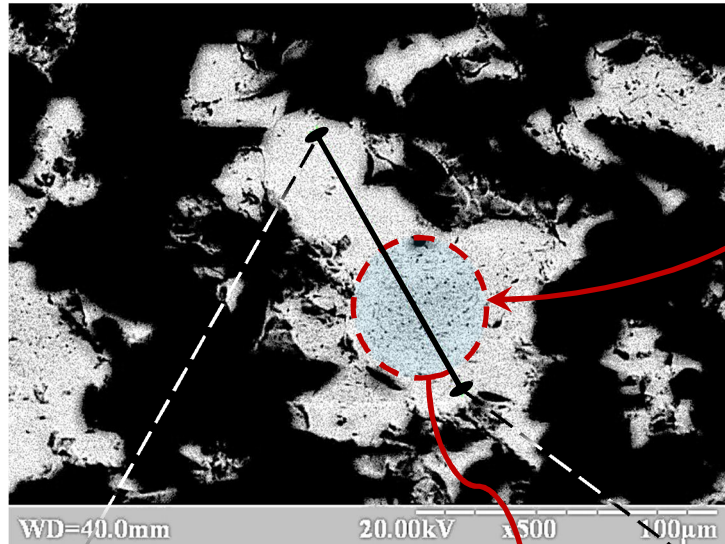
Important data for ore processing and its legal support

3. Наукові засади сучасної комплексної оцінки руд

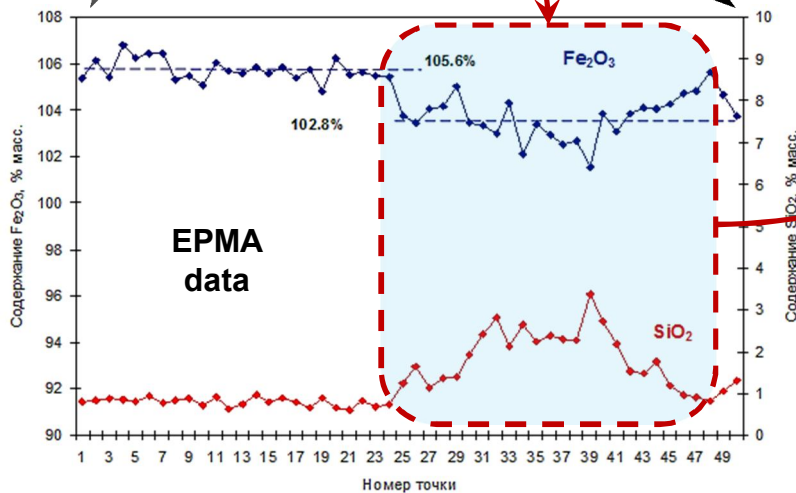
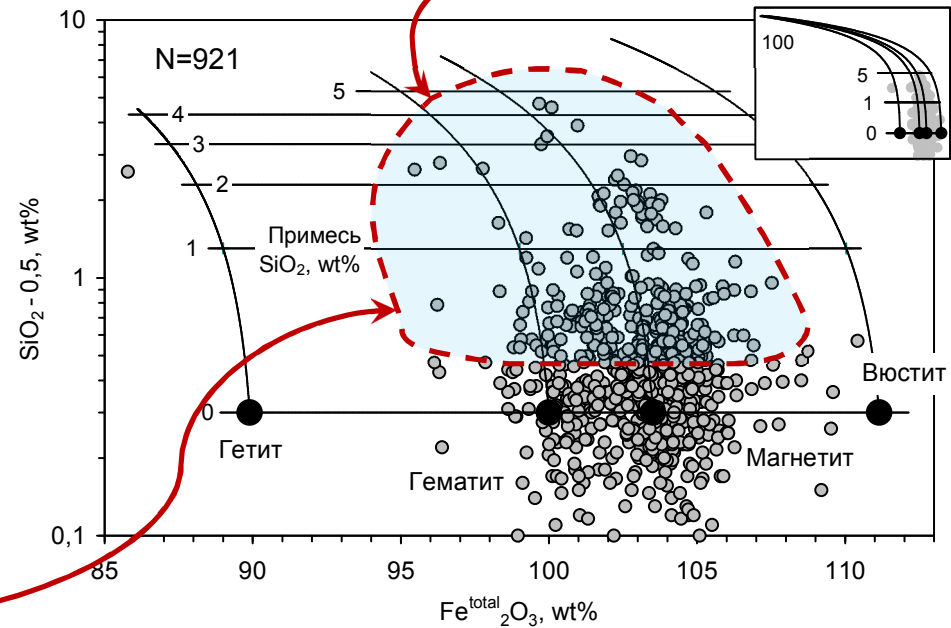
BIF-hosted Fe ores as a typical example of a strategic raw material for Ukraine

Апробація та впровадження

Властивості та склад рудних мінералів Fe: **включення**



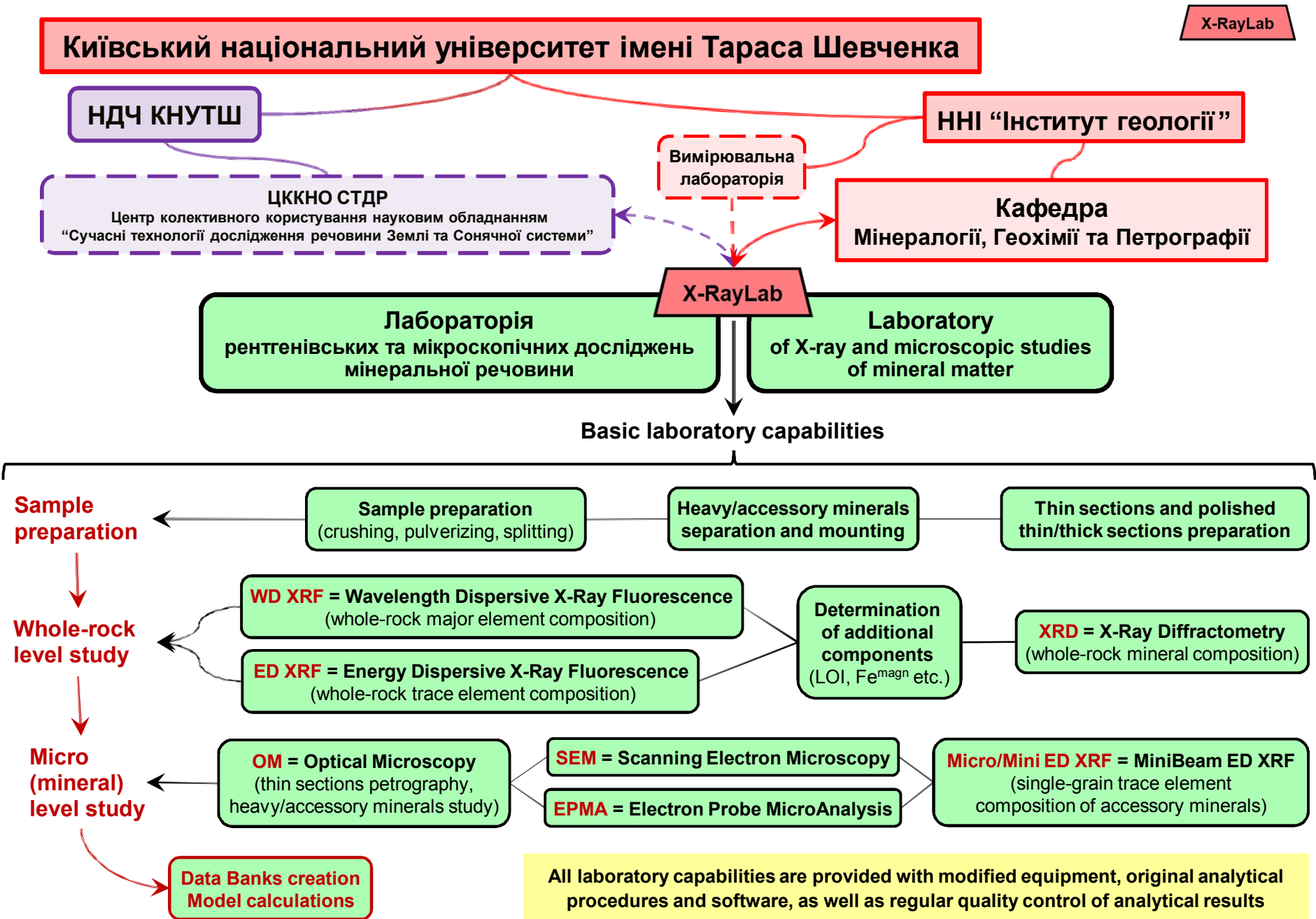
Nanosized SiO₂-inclusions in magnetite



These nanosized inclusions cannot be removed during ore processing. They are preserved in concentrates and increase the silicon content in iron ore pellets. This reduces their quality !!!

4. Розвиток лабораторно-аналітичного комплексу

Структура та можливості

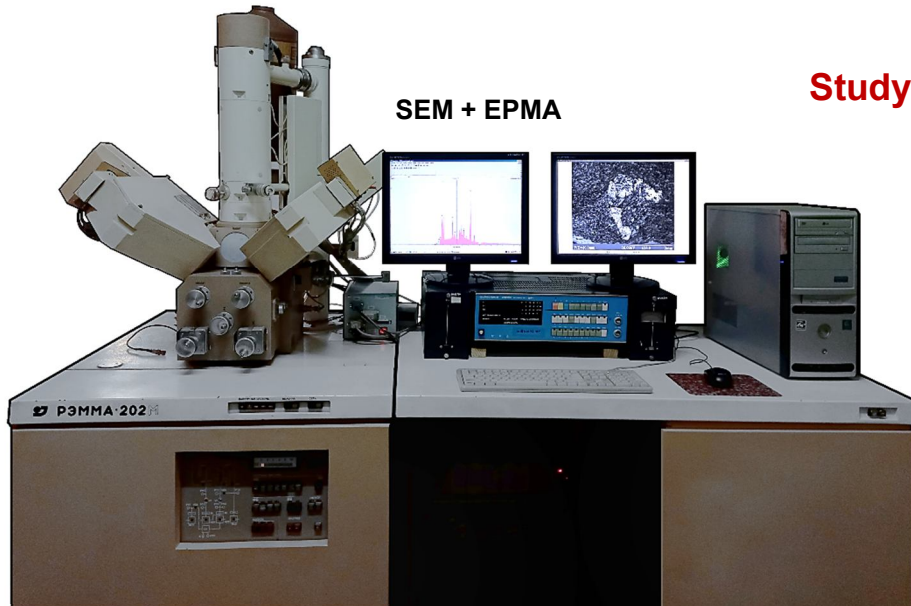


4. Розвиток лабораторно-аналітичного комплексу

Main instruments

X-RayLab

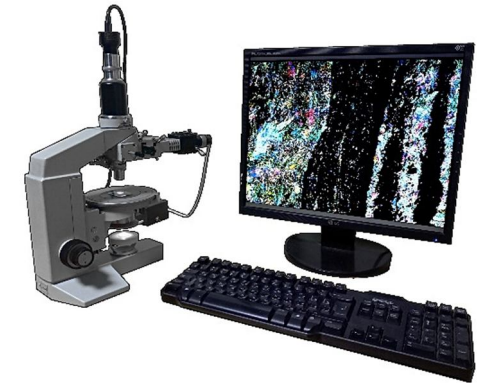
Study of element composition and structure at the micro (mineral) level



SEM + EPMA

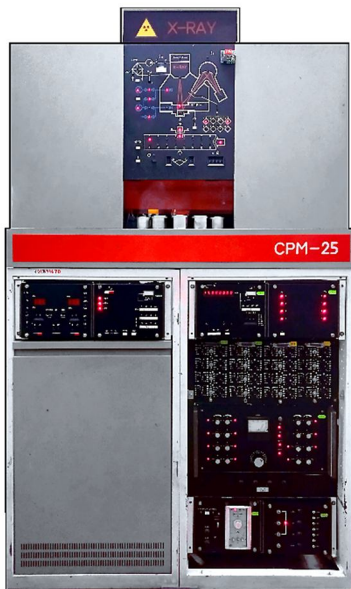


Energy dispersive X-ray spectrometer MicroRFS



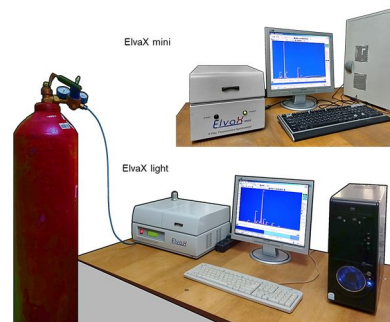
Optical microscopy

Electron probe microanalyzer REMMA-202M

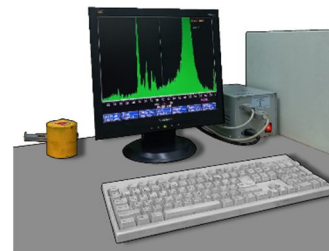


Multichannel wavelength dispersive X-ray spectrometers SRM-25

Whole-rock element and mineral composition



Energy dispersive X-ray spectrometers SER-01 (ElvaX-Mini and ElvaX-Light)



Energy dispersive X-ray spectrometer RFS RD



X-ray diffractometer DRON-UM1

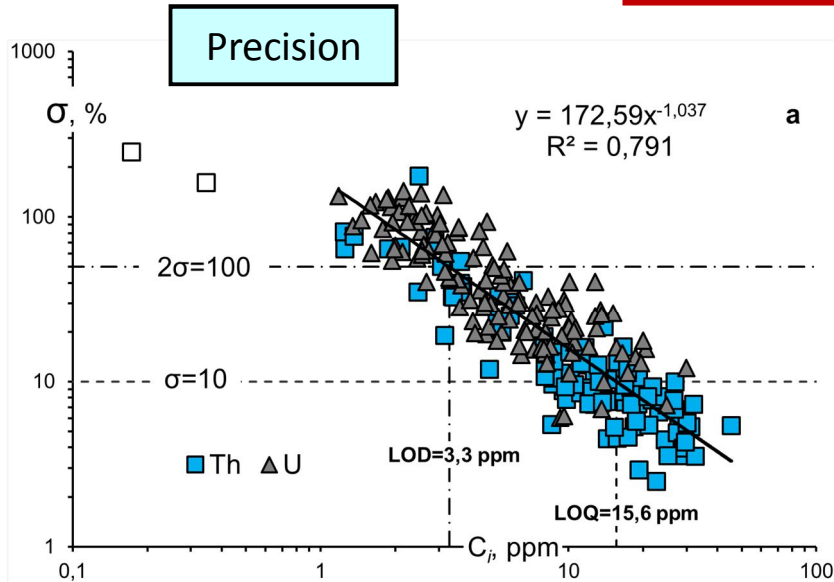
4. Розвиток лабораторно-аналітичного комплексу

Current control (example)

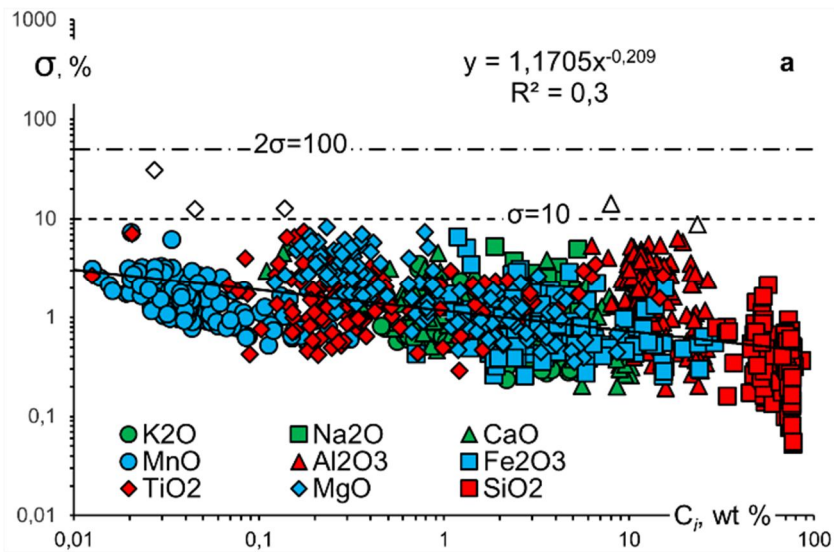
Analytical methods used in this work

Current control demonstrates acceptable quality of analytical results.

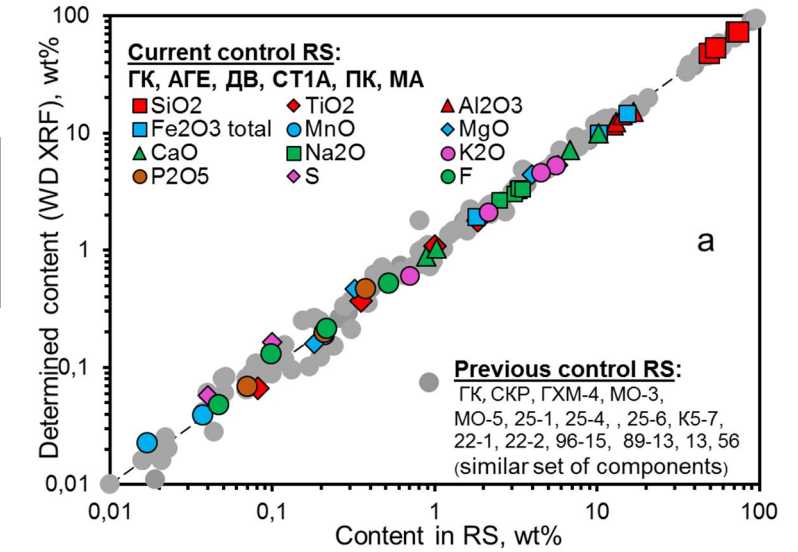
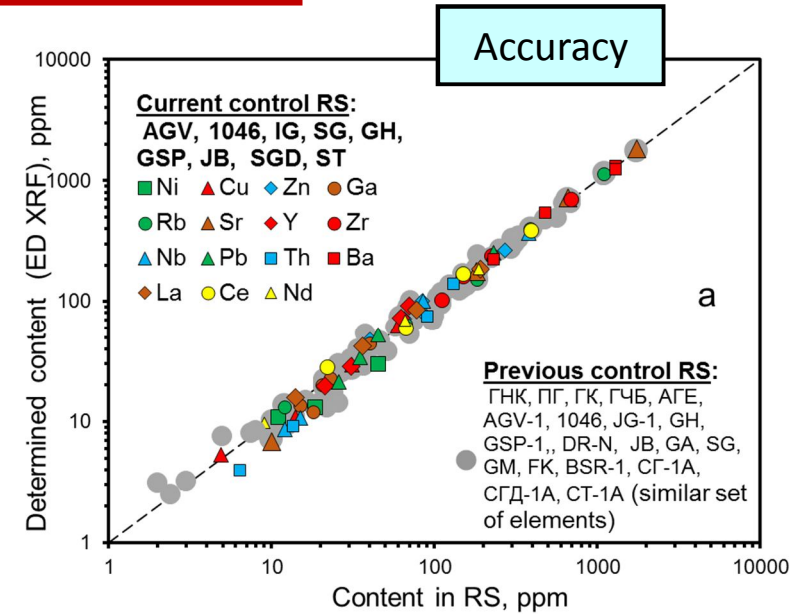
X-RayLab



ED XRF:
trace elements



WD XRF:
major elements





5. Комплементарний Геологічний Депозитарій

Складові частини

Речовинна складова

~ 10000 первинних проб

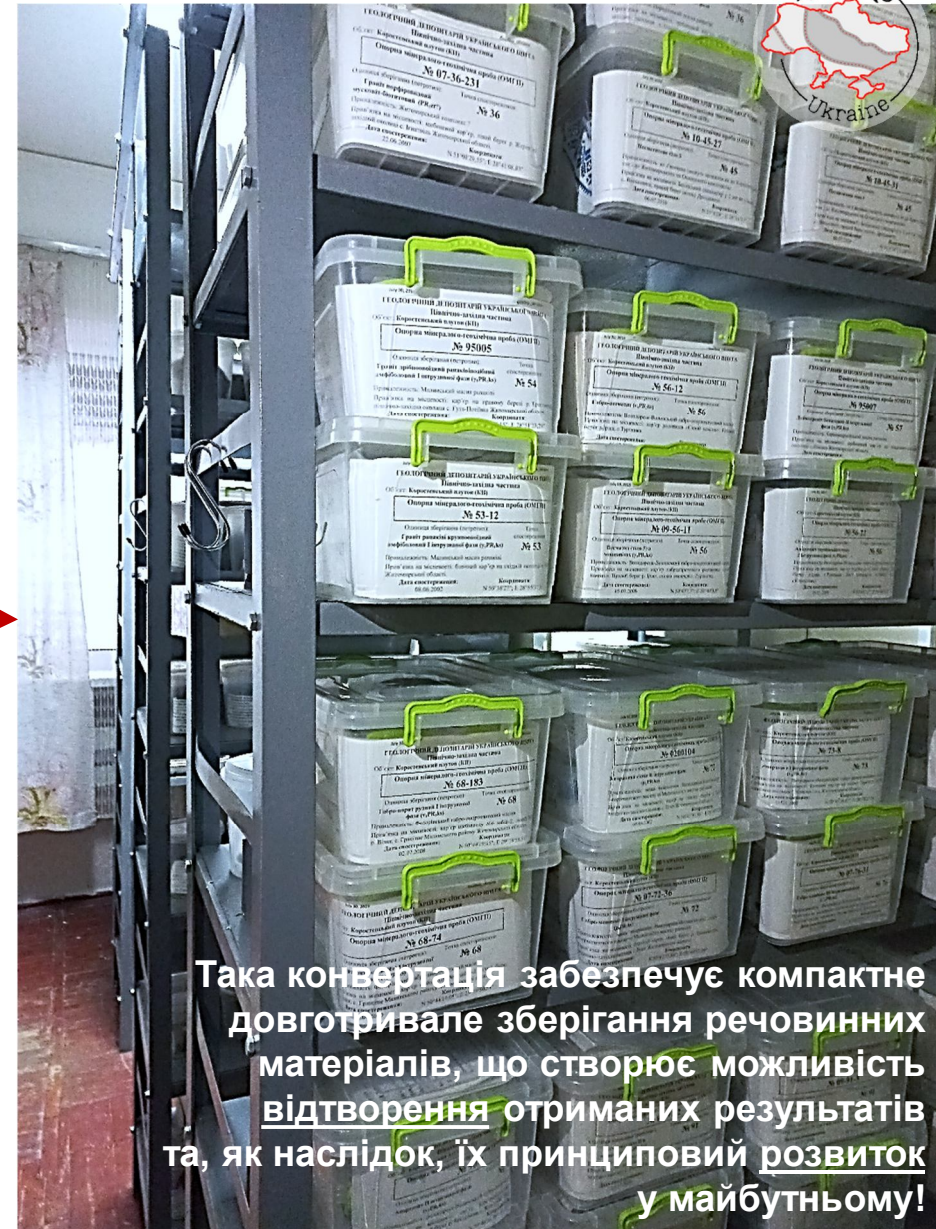
Конвертація:
прецизійні аналітичні дослідження,
багатоетапна обробка, фільтрація
та вибіркове об'єднання

~300 одиниць зберігання

Інформаційна складова

Складається з серії великих за обсягом мінералого-геохімічних банків даних, сформованих за допомогою лабораторно-аналітичного комплексу.

Інформаційна та речовинна складові депозуються паралельно з отриманням результатів за напрямками досліджень, безпосередньо забезпечуючи їх одержання.



Така конвертація забезпечує компактне довготривале зберігання речовинних матеріалів, що створює можливість відтворення отриманих результатів та, як наслідок, їх принциповий розвиток у майбутньому!

Провідні показники:

Статті у журналах (Scopus та/або Web of Science): **25**

Матеріали конференцій (Scopus та/або Web of Science): **18**

Статті у журналах (переліку наукових фахових видань України): **5**

Матеріали конференцій: **43**

Дисертації: **2** (А.Алексєєнко, Л.Гаврилів)

Патенти: **1**

Інші публікації, в тому числі науково-популярні: **6**

Дипломні роботи: **39**

Проекти, подані для участі у конкурсах із виконання НДР: 7

2 – інфраструктурних “Горизонт 2020” (2021р. та 2024 р.),

1 – на конкурс Національного фонду досліджень України “Наука для безпеки і сталого розвитку України”;

4 – на конкурс проектів МОН.

Фінансування МОН (**1894,21 тис. грн**) одержане у 2020 р. **НДР 22БП049-01 (2021-2022 р.р.** «Сучасні технології дослідження наявної стратегічної та критичної мінеральної сировини для забезпечення об’єктивної оцінки її якості», наук. кер. д. геол. наук С.Є.Шнюков успішно виконана.

Чекаємо результатів конкурсу у цьому році.

Госпдоговори: 5 (1006,45 тис. грн.)

Акти впровадження у виробництво результатів НДР: 4

Колекції загальною вартістю 600 тис. грн оприбуткувані Університетом (акт приймання-передачі запасів №3406 від 12.12.2023 р.). (Колекції репрезентативних зразків, комплексних мінералого-геохімічних проб, їх фракцій та препаратів для провідних традиційних і перспективних типів руд, вміщуючих та генетично пов’язаних з ними порід, що складають обрані для дослідження об’єкти)

Премія Верховної Ради України для молодих учених за 2023 рік: Осипенко В.Ю., канд. геол. наук, асистент кафедри мінералогії, геохімії та петрографії (2023)

Тема: «Карбонатитові та грязьововулканічні системи як індикатор стратегічного мінерально-сировинного потенціалу надр України (фундаментальні та прикладні аспекти)».

**Перша
(попередня)
подяка за увагу!**

**Taras Shevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology
Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrography**

Назва теми НДР:

Проект

**Транскорівні магматичні та флюїдні системи як індикатор
стратегічного мінерально-сировинного потенціалу
надр України та інших регіонів**

Номер НДР:

Вид дослідження: **прикладна / фундаментальна**
Науковий керівник НДР: **С.Є. Шнюков**
Термін виконання: **січень 2025 р. – грудень 2029 р.**



S. Shnyukov
shnyukov54@gmail.com
shnyukov54@knu.ua

*Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrography
Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasylykivska Str., 03022, Kyiv, Ukraine*

Очікувані результати (2025-2029 рр.):

Петролого-геохімічна модель формування ключових протерозойських магматичних та магматогенно-гідротермальних систем Українського щита.

Очікувані результати: оцінка умов формування, визначення трансорового рангу, встановлення просторової та часової еволюції, а також можливості нарощування стратегічного мінерально-сировинного потенціалу.

Об'єкти дослідження: Коростенський та Корсунь-Новомиргородський плутони, Чернігівський та Проскурівський карбонатитові масиви.

Петролого-геохімічна модель еволюції фанерозойського магматизму Антарктичного півострова (Західна Антарктида).

Очікувані результати: оцінка умов формування, з'ясування можливої корової/трансорової природи магматитів та можливої рудогенеруючої спроможності відповідних магматичних та флюїдних систем.

Об'єкти дослідження: габроїди та гранітоїди району УАС «Вернадський», вулканіти острова Десепшен.

Геохімічна модель сучасних трансорових грязьовулканічних флюїдних систем Причорноморської западини.

Очікувані результати: визначення співвідношень стратиграфічних підрозділів осадового чохла, які дрениються грязьовулканічною системою, а також оцінка умов високих стадій їх литогенезу з метою міжрегіональної кореляції розрізів, прогнозу газо- та нафтоматеринських товщ та виявлення ознак підкорового геохімічного внеску.

Об'єкти дослідження: грязьовулканічні системи та еталонні розрізи осадового чохла Азово-Чорноморського регіону.

Наукові засади 4-компонентної літолого-геохімічної моделі осадових утворень та її використання для уточнення зв'язку трансорових магматичних/флюїдних систем з етапами еволюції континентальної кори, а також ефективного вирішення прогнозно-пошукових та еколого-геохімічних задач.

Задачі: забезпечення репрезентативного опробування продуктів регіонального алювіального, флювіо-гляціального та прибережно-морського дренажу для геохімічного дослідження великих детритових популяцій циркону та монациту як основи для регіональних моделей росту континентальної кори та оцінки алмазозносності регіонів; виявлення та подальший прецизійний моніторинг слабких природних та техногенних геохімічних аномалій.

Об'єкти дослідження: палео- та сучасні алювіальні, флювіо-гляціальні та прибережно-морські відклади України (в т.ч. в розрізі Дніпровсько-Донецької, Причорноморської западин, тощо).

Наукові засади сучасного дослідження та комплексної оцінки традиційної і перспективної стратегічної та критичної мінеральної сировини провідних родовищ України.

Очікувані результати: комплекс взаємоузгоджених технологічних рішень для забезпечення уніфікованого дослідження речовинного складу та сучасної оцінки якості мінеральної сировини.

Об'єкти дослідження: залізні руди родовищ Криворізького басейну та Кременчуцького залізрудного району, апатит-рідкіснометалеві руди Новополтавського карбонатитового родовища, ільменіт-титаномagnetит-apatитові руди габроїдів Коростенського плутону та рідкіснометалеві руди метасоматитів Суцано-Пержанської зони.

Вдосконалений та адаптований для вирішення задач НДР лабораторно-аналітичний комплекс.

Склад та призначення: до складу комплексу увійде обладнання, аналітичні методики та програмні засоби для визначення мінерального та елементного складу проб, оптико- та електронно-мікроскопічного дослідження препаратів еталонних колекцій (депозитаріїв).

Комплементарний Геологічний Депозитарій (речовинно-інформаційний банк даних).

Призначення: забезпечення виконання пп. (1)-(5) шляхом створення відповідних мінералого-геохімічних банків даних за допомогою лабораторно-аналітичного комплексу (6), а також довготривале зберігання речовинних матеріалів, що забезпечує можливість відтворення отриманих результатів та, як наслідок, їх принципового розвитку у майбутньому.

Очікувані результати на 2025 р.:

1. Попереднє формування базової частини речовинної складової Геологічного Депозитарію для об'єктів, які досліджуються для виконання пп. (1)-(5).
2. Розвинення лабораторно-аналітичний комплексу, який буде задіяний для подальшого виконання НДР.
3. Верифікація аналітичних методик, які будуть використані у складі лабораторно-аналітичний комплексу для подальшого виконання НДР.
4. Принципи та методологія формування мінералого-геохімічних банків даних, спрямованих на виконання пп. (1)-(5), в якості інформаційної складової Геологічного Депозитарію. Результати їх експериментальної апробації.
5. Пілотна версія 4-компонентної літолого-геохімічної моделі осадових утворень та результати її експериментальної апробації на основі мінералого-геохімічних даних, одержаних за допомогою верифікованих аналітичних методик.

Організація виконання (2025-2029 рр.):

Тема, що пропонується, безпосередньо продовжує дослідження вже виконаних останньої та інших кафедральних тем. Це забезпечить використання створеного великого доробку у вигляді вже напрацьованого досвіду та методології, Геологічного Депозитарію та лабораторно-аналітичної бази.

Передбачене значне розширення напрямків дослідження за рахунок седиментологічно-літологічної складової дозволить оптимізувати тематику розширивши її на всю сферу відповідальності Кафедри.

Принцип організації досліджень (одержання додаткового фінансування за рахунок госпдоговорів), який доказав свою ефективність, залишиться незмінним.

**Друга
(остаточна)
подяка за увагу!**