

ВИСНОВОК

Наукового керівника щодо дисертації Малоштан Сергія Миколайовича «Флюїдний синтез кубічного графіту та інших поліморфних модифікацій вуглецю», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про землю

Малоштан С.М. навчався в аспірантурі з 2022 по 2026 роки Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України. Дуже швидко він проявив себе як обізнаний фахівець у галузі експериментальної мінералогії, попередньо пройшовши класичну українську школу з вирощування штучних мінералів, які нині покращують економіку України.

У процесі навчання в аспірантурі С.М. Малоштан вчасно та успішно виконав освітню програму свого індивідуального плану, вдало поєднавши її з напруженою експериментальною роботою. Кожен раз, закладаючи, відповідно до мети експерименту, шихту в автоклав, ростовик – експериментатор задає параметри (Р, Т, час) росту кристалів, підбирає відповідну техніку, здійснює рентгенівську діагностику продуктів синтезу, вивчає їхню структуру, фізичні властивості та морфологію, узгоджує з результатами термодинамічного аналізу, з'ясовує можливе практичне значення. Весь цей широкоформатний комплекс непростих питань, пов'язаних з синтезом нових фаз, або відомих фаз, вирощених у нових умовах, досконало оволодів Сергій Миколайович, якого я тому відповідально і високо оцінюю як вченого і фахівця в галузі експериментальної мінералогії.

Зараз я стисло охарактеризую дисертацію С.М. Малоштана, її новації, науково – практичне значення:

1. Вперше проведено комплексний аналіз теоретико-експериментальних даних, покладених в основу функціонування нового методу вирощування кристалів – флюїдного синтезу (ФС). Цей метод, на думку дисертанта, може бути перспективним для отримання порошків, полікристалів і монокристалів різної конституції. Встановлено, що основною рушійною силою фазо утворення у ФС є густина флюїду, тому застосування економічно дорогих надмаксимальних параметрів Р і Т не є обов'язковою умовою проведення ФС.
2. Експериментально доведено, що в умовах ФС при надкритичних параметрах газу за реакцією Будуара з CO_2 і різних вихідних речовин

(сажі, активованого вугілля, порошків металів, діамантових порошків) утворюється кубічний графіт, який являє собою стійку поліморфну модифікацію вуглецю. Визначені оптимальні Р-Т параметри росту кубічного графіту із сажі та активованого вугілля. Отримані результати свідчать що Р-Т параметри кристалізації кубічного графіту значно нижчі від даних, наведених в традиційних методах синтезу кристалів. Вперше визначено мікротвердість кубічного графіту, яка коливається у межах 1-5 ГПа і на загал помітно перевищує твердість гексагонального графіту (0,1-0,2 ГПа).

3. Вперше аргументовано та переконливо підтверджено підзабуте відкриття Ауста і Дрікамера (1963) про існування графіту кубічної сингонії. Наведена в дисертації також нова інформація, яка стосується умов синтезу діаманту, аморфного «діаманту», одночасно декількох фаз. На загал методом ФС підтверджено існування щонайменше 10 фаз вуглецю.
4. Стисло про основні наукові новації дисертації:
 - Напрацьовано метод ФС кристалів, який реалізується за менших Р-Т параметрах, ніж нині традиційно використовуються;
 - Багатьма експериментами доведено отримання фази кубічного графіту, визначені оптимальні умови його росту з сажі та активованого вугілля;
 - Запропоновані нові (уточнені старі) рентгенівські параметри кубічного графіту – параметри ґратки, міжплощинні відстані, інтенсивність дифракційних рефлексів;
 - експериментальні результати ФС гексагонального графіту із сажі (700-800°C) зкорельовано з визнаною у літературі температурою його кристалізації (400-750°C) у природі, яка водночас істотно відрізняється від температури промислового синтезу графіту із сажі ($\approx 2000^\circ\text{C}$)
 -
5. Наукове-практичне значення отриманих результатів:
 - обґрунтовано основні фізико-хімічні засади методу флюїдного синтезу, захищеного патентом України. Наведена порівняльна характеристика цього методу і традиційних методів синтезу різних речовин у контексті природного мінералоутворення;
 - у перспективі відкривається можливість, відповідно до специфіки ФС, використовувати синтезовані матеріали для зберігання водню, створення надтвердих покриттів, пористих низькодielekтричних матеріалів і розвитку нових напрямів у нанотехнологіях.

Наведені вище результати досліджень свідчать, що дисертація С.М. Малоштана є повнокровною завершеною науковою працею, яка характеризується високим рівнем обґрунтованості наукових положень, має наукове та прикладне значення, є вагомим внеском у розвиток експериментальної мінералогії, може бути також успішно використана в навчальному процесі у спецкурсі «Генетична мінералогія» і «Експериментальна мінералогія».

З урахуванням усього зазначеного вище вважаю, що дисертація «Флюїдний синтез кубічного графіту та інших поліморфних модифікацій вуглецю» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка відповідає вимогам *Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)*, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. №261, а також пунктами 6,7,8 *Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти (наукової установи) про присудження ступеня доктора філософії*, затверджено ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти (наукової установи) про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Кабінетом Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Висновок: автор вище названої дисертації Сергій Миколайович Малоштан гідний присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 – Науки про землю – на підставі результатів публічного захисту.

Науковий керівник,
Доктор геолого-мінералогічних наук
Професор, академік АН ВШ

В.І. Павлишин

Підпис В.І. Павлишина засвідчую:
Учений секретар ІГМР НАН України
Кандидат геологічних наук



І.А. Самборська