

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004681

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 18-08-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Малоштан Сергій Миколайович

2. Serhii M. Maloshtan

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 103

Назва наукової спеціальності: Науки про Землю

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Геохімія, мінералогія і петрологія

Дата захисту: 17-09-2026

Спеціальність за освітою: виробництво будівельних виробів та конструкцій

Місце роботи здобувача: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417064

Місцезнаходження: пр. Академіка Палладіна, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 16762

Повне найменування юридичної особи: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417064

Місцезнаходження: пр. Академіка Палладіна, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417064

Місцезнаходження: пр. Академіка Палладіна, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 81.09.03, 31.15.30, 31.17.15, 38.35

Тема дисертації:

1. Флюїдний синтез кубічного графіту та інших поліморфних модифікацій вуглецю
2. Fluid synthesis of cubic graphite and other polymorphic modifications of carbon

Реферат/анотація:

1. У дисертаційній роботі вперше проведено комплексний аналіз основних теоретико експериментальних аспектів, які покладено в основу функціонування нового методу отримання кристалів — флюїдного синтезу (ФС). Систематизовано основні положення методу флюїдного синтезу. Наведено порівняльний аналіз можливостей методу флюїдного синтезу та традиційних методів отримання розмаїтих мінералів. Показано, що цей метод може бути перспективним для отримання порошків, полікристалів і монокристалів різного хімічного складу і структури (поліморфних модифікацій), що практично неможливо досягнути традиційними методами. Встановлено, що основною рушійною силою при фазоутворенні є густина флюїду, а застосування надмаксимальних параметрів тиску та температури не є обов'язковою умовою проведення флюїдного синтезу. Удосконалено обладнання для його реалізації. Порівняльний аналіз показав, що метод (ФС) ближчий до природних процесів мінералоутворення, ніж традиційні промислові методи. Експериментально

доведено, в умовах флюїдного синтезу при надкритичних параметрах газу за реакцією Будуара з CO₂ в якості надкритичного газу і різних вихідних речовин (сажі, активованого вугілля, порошків металів, діамантових мікропорошків) утворюється кубічний графіт (Гк), який є стійкою модифікацією вуглецю. Визначені оптимальні Р-Т параметри утворення кубічного графіту із сажі та активованого вугілля. Показано, що тиск, температура і час істотно впливають на утворення кубічного графіту. Зокрема, тиск є основним чинником значного збільшення виходу порошку під час синтезу. Температура та час також підвищують вихід кубічного графіту, але мають свій оптимум. Встановлено, що Р-Т параметри отримання Гк значно нижчі (на порядок) від існуючих методів синтезу. Вперше визначено мікротвердість Гк, котра знаходиться в межах 1–5 ГПа і перевищує показники гексагонального графіту (0,1–0,2 ГПа). Вперше достовірно підтверджено відкриття Ауста і Дрікамера (1963 р.) про існування графіту кубічної сингонії, підтверджені його рентгенівські параметри. Ідентифіковано нову алотропну фазу C96 з елементарною коміркою 8,95Å та топологією KFI (простий кубічний фулерит). Експериментальні результати з флюїдного синтезу гексагонального графіту із сажі (700–800 °C) узгоджуються з літературними даними про його природну кристалізацію (400–700 °C). Водночас ці умови істотно відрізняються від промислового синтезу (2000 °C), що підтверджує адекватність методу ФС як моделі природного мінералоутворення. Методом ФС підтверджено існування щонайменше 10 фаз вуглецю (Г, Гр, Гк, А, Аам, Л, Ч, Кл, Ф, Уам), які розширюють попередні класифікації. Нові результати розширюють також картину фазоутворення вуглецевих структур і вписуються в рамки запропонованої нової моделі. Наукова новизна (положення які захищаються) одержаних результатів: – доведено, що розроблений метод флюїдного синтезу кристалів може здійснюватись при менших Р-Т параметрах, ніж нині час існують; – за допомогою багатьох експериментів доведено існування фази Кубічного графіту, а також можливості одночасного утворення різних поліморфних модифікацій карбону; – визначені оптимальні Р-Т параметри утворення кубічного графіту із сажі і активованого вугілля; – запропоновано нові (уточнені старі) рентгенівські дані для Кубічного графіту (параметри ґратки, міжплощинні відстані і інтенсивність дифракційних рефлексів); – експериментальні результати з флюїдного синтезу гексагонального графіту із сажі (700–800 °C) скорельовані з визнаною в літературі температурою його кристалізації (400–750 °C) у природних умовах, яка водночас істотно відрізняється від температури промислового синтезу графіту із сажі (2000 °C). Науково-практичне значення одержаних результатів: – висвітлено основні засади методу флюїдного синтезу, захищеного патентом України. Наведена порівняльна характеристика цього методу і традиційних методів отримання різноманітних матеріалів у контексті природного мінералоутворення; – у перспективі відповідно до теоретичних розрахунків, відкриває можливість використання цих матеріалів для зберігання водню, створення надтвердих покриттів, пористих низькодіелектричних матеріалів та розвитку нових напрямів у нанотехнологіях.

2. This dissertation presents, for the first time, a comprehensive analysis of the key theoretical and experimental fundamentals underlying the functioning of a novel crystal growth method – fluid synthesis (FS). The main principles of the fluid synthesis method have been systematized. A comparative analysis was conducted evaluating the capabilities of fluid synthesis against traditional methods for obtaining various minerals. It is demonstrated that this method holds strong promise for synthesizing powders, polycrystals, and single crystals of diverse chemical compositions and structures (polymorphic modifications), which is virtually unattainable using conventional techniques. It was established that the primary driving force behind phase formation is fluid density, whereas the application of ultra-high pressure and temperature parameters is not a mandatory prerequisite for fluid synthesis. The equipment required for its implementation has been improved. Comparative analysis revealed that the FS method aligns more closely with natural mineral formation processes than traditional industrial techniques. It was experimentally proven that under fluid synthesis conditions at supercritical gas parameters – using supercritical CO₂ via the Boudouard reaction with various precursor materials (soot, activated carbon, metal powders, and diamond micropowders) – cubic graphite (Гк) is formed, representing a stable carbon modification. Optimal P-T parameters for the formation of cubic graphite from soot and activated carbon were determined. Pressure, temperature, and duration were shown to exert a substantial influence on the formation of cubic graphite. Specifically, pressure serves as the primary factor significantly increasing the powder yield during

synthesis. Temperature and synthesis time also enhance the yield of cubic graphite, albeit within defined optimal thresholds. The P-T parameters required to obtain G_c were found to be significantly lower (by an order of magnitude) than those of existing synthesis methods. The microhardness of G_c was determined for the first time, falling within the range of 1–5 GPa and exceeding that of hexagonal graphite (0.1–0.2 GPa). The discovery by Aust and Drickamer (1963) regarding the existence of cubic-symmetry graphite was conclusively verified for the first time, along with the confirmation of its X-ray diffraction parameters. A new allotropic phase, C_{96}, with a unit cell parameter of 8.95 Å and a KFI topology (simple cubic fullerite), was identified. Experimental results on the fluid synthesis of hexagonal graphite from soot (700–800 °C) agree well with literature data on its natural crystallization (400–700 °C). At the same time, these conditions differ substantially from industrial synthesis (~2000 °C), thereby confirming the validity of the FS method as a model for natural mineral formation. Using the FS method, the existence of at least 10 carbon phases (G, G_r, G_c, A, A_{am}, L, Ch, Cl, F, U_{am}) was confirmed, expanding previous classifications. These novel results also broaden the general understanding of carbon structure phase formation and fit into the framework of the proposed new model. Scientific Novelty of the Results (Statements for Defense): It is proven that the developed fluid synthesis method for crystals can be carried out at lower P-T parameters than those currently used; Through extensive experimentation, the existence of the cubic graphite phase was demonstrated, as well as the feasibility of simultaneous formation of various carbon polymorphs; Optimal P-T parameters for the formation of cubic graphite from soot and activated carbon were established; New (and refined existing) X-ray diffraction data for cubic graphite were proposed (lattice parameters, interplanar spacings, and diffraction peak intensities); Experimental results on the fluid synthesis of hexagonal graphite from soot (700–800 °C) correlate with the literature-accepted temperatures for its crystallization under natural conditions (400–750 °C), while differing substantially from the temperatures required for industrial synthesis of graphite from soot (2000 °C). Scientific and Practical Significance of the Results: The core principles of the fluid synthesis method, protected by a patent of Ukraine, are highlighted. A comparative characterization of this method and conventional techniques for obtaining diverse materials is provided within the context of natural mineral formation; In the long term, according to theoretical calculations, this work opens up prospects for utilizing these materials in hydrogen storage, superhard coatings, porous low-epsilon dielectric materials, and the development of new directions in nanotechnology.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Малоштан С.М., Павлишин В.І. Вплив тиску, температури та часу на утворення кубічного графіту в процесі флюїдного синтезу з надкритичними параметрами CO₂. Мінерал. журн., 2026, т. 48, № 2, с. 57–63. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.48.02.057>
- Смоляр А. С., Покропивний О. В., Малоштан С. М., Павлишин В. І., Куц В. О., Бархоленко В. О., Тітенко А. М., Бродніковський М. П., Шелудько В. Є., Блошчаневич О. М., Стегній А. І., Хоменко В. Г. Флюїдний синтез кубічного графіту. Мінерал. журн., 2026, т. 48, № 1, с. 43–57. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.48.01.045>
- Pokropivny A., Smolyar A., Sylenko P., Solonin Yu., Bloshchanevich A., Maloshtan S., Kuts V., Kravets A., Tovstolytkin A., Titenko A. Gerasimov A. "Supercritical Fluid Synthesis of C-Bn And Polymorphes of Boron

- Малоштан С. М., Покропивний О. В., Смоляр А. С., Куц В. О., Бархоленко В. О., Тітенко А. М. Надкритичний флюїдний синтез і структура нової кубічної C96 фази як вуглецевого цеоліту KFI з sp^3/sp^2 гібридизацією. Мінерал. журн., 2024, 46, № 2, С. 46–53.
<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.02.046>
- Смоляр А. С., Золотаренко О. П., Покропивний О. В., Куц В. О., Гурін В. Г., Невдача В. В., Архіпов С. О., Бархоленко В. О., Малоштан С. М., Герасимов О. Ю., Щур Д. В., Бурхан А. О., Блощаневич О. М., Тітенко А. М., Хоменко Б. С. Флюїдний синтез фаз вуглецю. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. 2014. Т. 12, Вип. 4. С. 675–704. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000514411>
- Смоляр А. С., Созин Ю. И., Бархоленко В. А., Малоштан С. Н., Куц В. А., Гуринов В. Г., Архипов А. П., Герасимов А. Ю., Развадовский Н. А., Титенко А. Н. К вопросу о существовании кубического графита. Сверхтвердые материалы. 2002. № 2. С. 79–81.
- Малоштан С. М., Смоляр А. С. Покропивний О. В. Вплив тиску, температури та часу на утворення кубічного графіту при флюїдному синтезі у надкритичних параметрах CO₂ Всеукраїнська наукова конференція "Геологічна будова корисних копалин", Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, 16–17 вересня, 2025 р., Київ.
- Maloshtan S.M., Pokropivny A.V., Smolyar A.S. Supercritical fluid synthesis and structure of cubic carbon C96 phase as carbon KFI zeolite. 12th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" NANO-2024, 21-24 of August 2024, Uzhhorod, Ukraine.
- Малоштан С. М., Покропивний О. В., Смоляр А. С., Куц В. О., Бархоленко В. О., Тітенко А. М. Надкритичний флюїдний синтез і структура нової кубічної C96 фази як вуглецевого цеоліту KFI з sp^3/sp^2 гібридизацією. IX International Samsonov Conference "Materials Science Of Refractory Compounds" (MSRC-2024) May 27-30, 2024, Kyiv, Ukraine
- Pokropivny A., Maloshtan S., Smolyar A., Sylenko P., Solonin Y. "Supercritical fluid synthesis of nanocrystalline c-BN and other BN structures from graphite-like boron 8th International Materials Science Conference HighMatTech-2023, 2-6 october, 2023, Kyiv, Ukraine.
- Малоштан С. М., Покропивний О. В., Смоляр А. С., Куц В. А., Бархоленко В. О. Надкритичний флюїдний синтез і структура нової кубічної C96 Фази як вуглецевого цеоліту KFI з sp^3/sp^2 Гібридизацією Конференція "Проблеми прикладних геологічних наук і шляхи їх подолання" Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. Семененка НАН України 19–20 вересня 2023 р. Київ. С. 218–221.
- Покропивний А. В. Малоштан С. М., Смоляр А. С. Куц В. А., Кравець А. Ф., Товстоліткін А. І., Герасимов Ф. Ю., Чанк М., Діпмеєр В., Силенко П. М., Солонін Ю. М. "Надкритичний флюїдний синтез кубічного нітриду бору та пов'язаних нетрадиційних фаз BN з графітоподібних BN як прекурсорів" Конференція "Проблеми прикладних геологічних наук і шляхи їх подолання" Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, 19–20 вересня 2023 р. Київ. С. 231–234.
- Пономаренко О. М., Смоляр А. С., Бурхан А. О., Малоштан С. М., Блощаневич О. М., Стегній А. І., Хоменко Б. С., Тітенко А. М. Синтез високотемпературних перовськітових порошків CaTiO₃ для використання в сонячних елементах Міжнародна наукова конференція "Матеріали для роботи в екстремальних умовах", 10–11 грудня 2020 р., Київ, Україна, С. 64–66.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; економія матеріалів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Павлишин Володимир Іванович
2. Volodymyr I. Pavlyshyn

Кваліфікація: д.геол.н., професор, 04.00.20

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417064

Місцезнаходження: пр. Академіка Палладіна, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пашенко Євген Олександрович
2. Yevhen O. Pashchenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.17.11

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417377

Місцезнаходження: вул. Автозаводська, Київ, 04074, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рудь Олександр Дмитрович
2. Oleksandr D. Rud

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0938-7884

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417331

Місцезнаходження: бульвар Академіка Вернадського, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шкуренко Кирило Олександрович

2. Kyrylo O. Shkurenko

Кваліфікація: к. геол. н., 04.00.20

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417064

Місцезнаходження: пр. Академіка Палладіна, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Луньова Ірина Миколаївна

2. Iryna M. Lunova

Кваліфікація: к. геол. н., 04.00.20

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4670-0216

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417064

Місцезнаходження: пр. Академіка Палладіна, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Кульчецька Ганна Олександрівна

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Кульчецька Ганна Олександрівна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Вовк Катерина Вячеславівна

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна