

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Віталія Васильовича Сукача**
«Петрологія Середньопридніпровського архейського кратону»,
яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук
за спеціальністю 04.00.08 – петрологія

Актуальність теми дослідження. Середньопридніпровський мегаблок Українського щита як типова граніт-зеленокам'яна область привертає до себе великий інтерес з боку як фундаментальної, так і практичної сфер геологічних досліджень. В теоретичному плані породні комплекси Середнього Придніпров'я є речовинним відображенням найдревнішого, архейського етапу розвитку УЩ зокрема та планети в цілому. Їх петрологічне вивчення є ключем до пізнання процесів зародження та становлення ранньодокембрійської земної кори, а також формування родовищ корисних копалин, характерних для архейського етапу геологічної історії. В межах регіону відкриті характерні для подібних ділянок ранньоархейської кори родовища заліза, нікелю (силікатного), золота, тальк-магнезитів, а також чисельні рудопрояви молібдену, сульфідного нікелю, міді, срібла, цинку, сурми та інших. За останні десятиліття виявлені також прояви рідкісних металів (літію, ніобію, танталу) та рідкісноземельних елементів (лантану, церію, ітрію, ітербію). Але незважаючи на високий ступінь вивченості Середнього Придніпров'я, багато питань фундаментального плану, в тому числі петрологічного спрямування, залишалися вивченими недостатньо, серед яких: природа протолітів архейських утворень та їх первинне джерело, механізми та геодинамічні обстановки формування, умови та послідовність метаморфічних, ультраметаморфічних, магматичних процесів тощо. Їх успішне, на погляд рецензента, вирішення в представленій роботі дає змогу локалізувати позицію проявів корисних копалин в геологічному просторі, що сприятиме підвищенню результативності та ефективності геологорозвідувальних робіт різних стадій.

Актуальність роботи підтверджується також відсутністю узагальнюючих досліджень з петрології усіх породних комплексів Середнього Придніпров'я після робіт М.П. Семененка та В.І. Орси 70-80-х років минулого століття, особливо зважаючи на великим обсягом нових даних геологозйомочних робіт масштабів 1 : 200 000 та 1 : 50 000, які потребували комплексного петрологічного опрацювання й узагальнення

Дослідження за темою дисертації виконувалися у відділі геології та геохімії рудних родовищ в рамках науково-дослідницьких робіт Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Українського державного геологорозвідувального інституту, а також під час виконання досліджень за грантом НАН України.

Наукова новизна одержаних результатів. Автором до захисту висувається 5 головних положення наукової новизни та низкою висновків, які повною мірою розкривають сутність поставленої перед дослідженням проблематики. Достовірність та обґрунтованість наукових положень і висновків забезпечується логічно викладеними у дисертації результатами.

Рукопис складається зі вступу, 8 розділів, висновків та списку використаних джерел, які викладені на 514 сторінках, в тому 104 рисунки, 48 таблиць і 498 літературних джерел.

У розділі 1 *«Обґрунтування постановки проблеми та аналіз ступеню її вивченості»* наведено доволі повний огляд петрологічного вивчення Середньопридніпровського мегаблоку, інформацію про який розділено на окремі блоки: суперкрустальні утворення, базит-ультрабазити, гранітоїди, а також дані про геологозйомочні та геофізичні дослідження. По кожному із блоків автор виділив найважливіші невирішені питання.

Зауваження до розділу 1. При розгляді геофізичної вивченості території Середньопридніпровського мегаблоку не згадується більш нова робота Інституту геофізики ім. С.І. Суботіна: *Старостенко В.І.* Звіт за цільовою темою 2007-2011 р.р. глибинна будова та геодинаміка наскрізних широтних зон

розломів для оцінки перспектив пошуку корисних копалин (заклучний). Київ, 2011.- : 379 с

Варто було б дати огляд вивченості основних геологічних структур по цій території, особливо в зв'язку з рудоносністю. Частково ці питання висвітлені в розділі 2, однак не згадуються палеотектонічні реконструкції цього регіону, на основі яких розроблялись відповідні моделі будови Східноєвропейської платформи та її окремих структур.

При обґрунтуванні постановки проблеми автору потрібно акцентувати увагу на тому, що в архейських кратонах світу знайдені першокласні родовища золота. Високою є перспективність Середньопридніпровського мегаблоку щодо знаходження родовищ золота. Було б цікаво проаналізувати існуючі моделі золоторудних родовищ в архейських кратонах.

У другому розділі *«Положення Середньопридніпровського кратону в структурі Українського щита та Східноєвропейської платформи»* обґрунтовано виділення Середньопридніпровського кратону (СПК). Автор посиляється на роботи вітчизняних та закордонних авторів, присвячених питанням архейських кратонів загалом і Середньопридніпровського зокрема. Розглянуто також особливості положення регіону в структурі фундаменту УЩ та Східноєвропейської платформи. Виконано також критичний аналіз поглядів щодо ув'язування СПК із подібними за будовою структурами Воронежського кристалічного масиву (ВКМ). Автор обґрунтував свою точку зору, згідно з якою СПК є самостійною геотектонічною одиницею, яка відділяється від за геолого-геофізичними ознаками як від структур ВКМ, так і Приазовського мегаблоку або протерозойського кратону УЩ.

Зауваження до розділу 2. В розділі не враховані результати робіт по створенню серії карт «Геологія і металогеологія Східноєвропейської платформи (СЄП)»(1992-1999 рр.) масштабу 1:2500000 під керівництвом Л.С. Галецького, В.П. Орлова, В.М. Терентьєва, А.Д. Щеглова. Якою є глибинна будова досліджуваного району, характер розшарованості земної кори та які рудні формації характерні для даної території. Також в останні роки здійснене

міжнародне видання «Geological map of land and sea areas of North Europe», видане норвезькою геологічною службою в 2002р. в масштабі 1: 4000000. Розділ носить більш описовий характер, не зрозуміло, яким був характер взаємодії цього блоку з сусідніми блоками, його співвідношення з цими структурами.

У розділі 3 «Геолого-формаційна будова» викладено матеріали про стратиграфію, магматизм, тектоніку, глибинну будову СПК, які ґрунтуються як на загально визнаних уявленнях, так і особистих напрацюваннях автора, які були ним одержані в процесі проведення виробничих та науково-дослідних робіт. В окремому підрозділі розкрито загальні методичні засади формаційного аналізу на парагенетичній основі, результати яких покладено в основу поділу СПК на структурно-формаційні комплекси (СФК). Досить детально охарактеризовані СФК: аульський, середньо придніпровський, криворізько-білозерський, плутонічний. Приводяться також цікаві оригінальні дані щодо поступового переходу між амфіболітовим та зеленокам'яним СФК, отримані при вивченні Шолохівського відгалуження Чортомлицької ЗКС. В окремому підрозділі розкрито основні риси геологічної будови найбільш відомих архейських кратонів.

Зауваження до розділу 3 .При описі диз'юнктивних структур не виділено певні їх системи, які були описані і проаналізовані К.Ф.Тяпкіним та В. Н. Гонтаренко. Це досить спрощений підхід, вважати, що є субширотна, північно-східна і північно-західна системи. Насправді їх виділено більше, при чому кожна з них проявляла себе в різний час, з кожною з них пов'язані різні процеси та поширення певних геологічних утворень. Якою була їх роль у становленні кратону та його структурних елементів? Відповідь на це питання автор не дає.

Також в цьому розділі автор робить спробу узагальнити матеріал по архейських кратонів, які виділяються в структурі фундаменту древніх платформ Євразії, Африки, Австралії, Північної та Південної Америки. Відзначені аналогічні за особливостями складу і структури породні комплекси,

які за скороченими назвами можна виділити як гранулітовий, амфіболітовий, зеленокам'яний, теригенний та плутонічний. Відмінність у будові цих кратонів автор пов'язує з різним ступенем еродованості та різним часом утворення цих структур. При цьому нічого не сказано про їх металогенічну спеціалізацію. Однак ні в геологічному, ні в металогенічному плані архейські суперкрустальні пояси не можуть бути описані однією чи двома моделями. Тут варто згадати роботи К.Анхаусера, який співставляв геологію різних архейських кратонів та зробив висновок про те, що кратони Західно-Австралійський та Сьюперіор є ключовими для характеристики умов утворення і локалізації архейських родовищ золота, нікеля, міді, цинку, заліза, свинцю. В той же час кратони Карнатака із всесвітньо відомим золоторудним поясом Колар та Північно-Ляонінський і Чаро-Олекмінський свідчать про латеральну неоднорідність рудоносних структур архею

Розділ 4 *«Мінералого-петрографічна характеристика архейських породних комплексів»* висвітлює матеріали петрографічних досліджень головних типів порід у складі архейських славгородського, аульського, середньопридніпровського та плутонічного СФК. Розділ дає повне уявлення про петрографію поширених у межах СПК породних різновидів. Справляють враження опис утворень гранулітового комплексу, тривалий час існування якого у Середньому Придніпров'ї ставилась під сумнів. Більше того, в процесі досліджень автор виявив поширення діафторованих гранулітових утворень за межами Славгородської брили – типового району їхнього поширення, а саме: в межах Рибальського кар'єра, в районі б. Башмачка, біля с. Діброво. Цікавими є дані про характер розшарованості коматіїтових лав, які складені різними структурно-текстурними відмінами, в тому числі з реліктовими структурами спініфекс.

Зауваження до розділу 4. В цьому розділі привертає увагу реконструкція Петрівської вулкано-плутонічної споруди та схема розшарованості ультрамафітів в ній. Однак не проаналізовано зміни хімічного складу

розшарованої серії порід по розрізу, співставлення його з мінеральним складом. Можливо, в породах може бути присутньою розшарованість різних типів.

Розділ забезпечений достатнім обсягом мікрозондових визначень складу мінералів, що дало змогу автору достовірно класифікувати вивчені оптичним методом під мікроскопом мінеральні парагенезиси різних за генезисом і складом порід.

Розділ 5 «*P-T умови метаморфізму за даними геотермобарометрії та первинна природа суперкрудальних утворень*» присвячено суперкрудальним утворенням славгородського та аульського СФК, які в процесі свого формування зазнали найбільш інтенсивних перетворень. РТ-умови метаморфізму визначені із залученням серії загальновідомих геотермобарометричних методів. Так, автором вперше з'ясовано, що первинні гранулітові мінеральні парагенезиси славгородського комплексу сформувалися за температури, що сягала 800–835 °С, і тиску 7 кбар. Метаморфічні парагенезиси суперкрудальних утворень аульського комплексу сформувалися за $T=640-735\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $P=5-8$ кбар, що відповідає високотемпературній амфіболітовій фації. Славгородський комплекс зазнав інтенсивного діафорезу за температури $T=650-745\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиск $P=4-6$ кбар, який ймовірно пов'язаний із метаморфізмом амфіболітової фації аульського СФК. В зазначених РТ-умовах за рахунок часткового анатектичного плавлення суперкрудальних плагіогнейсів утворилися дрібнозернисті гнейсоподібні плагіогранітоїди, які складають шароподібні і жильні тіла та інколи помилково розглядаються як суперкрудальні утворення..

Цілою низкою методів доволі надійно обґрунтовано, що протоліти суперкрудальних порід славгородської товщі та аульської серії мають переважно вулканогенну природу за незначної ролі вулканогенно-осадових (туфітів) і осадових порід.

Зауваження до розділу 5. В розділі йдеться про породи славгородського та аульського СФК, які серед інших зазнали найбільш інтенсивних метаморфічних та ультраметаморфічних перетворень, виконані оцінки як термодинамічних

параметрів утворення цих порід, так і зроблені спроби з'ясувати, за рахунок яких утворень, магматичних, осадово-вулканогенних сформувались породи вище зазначених комплексів. Всі ці питання складні і дискусійні, і позитивним моментом є те, що автор зміг зробити власні оцінки щодо природи суперкрустальних утворень.

У розділі 6 *«Петрохімічні та геохімічні особливості порід як індикатори умов їхнього петрогенезису»* в окремих підрозділах висвітлено результати петрохімічних та геохімічних досліджень архейських утворень різних СФК, на основі чого зроблені висновки про особливості їхнього петрогенезису. Автором припускається, що джерелом основних кристалосланців і амфіболітів славгородського СФК з нормативним олівіном, подекуди з нефеліном, може розглядатися як примітивна, так і збагачена мантия, не пов'язана з механізмами плюм-тектоніки. Виверження відбувалися в підводних обстановках, які можуть зіставлятися із сучасними океанічними островами або острівними дугами. Геологічна модель дає змогу вважати, що формування славгородського комплексу передувало накопиченню первинних товщ аульської серії і, тим більше, утворенню зеленокам'яних структур.

В складі аульського СФК вперше виділено дві петрогенетичні групи магматичних порід: 1) основного (амфіболіти) і 2) середнього та кислого (кристалосланці та плагіогнейси) складу. Петрохімічні та геохімічні дані переконливо свідчать, що вони генерувалися самостійними, не пов'язаними єдиним процесом диференціації магматичними джерелами. Встановлено, що вихідним джерелом амфіболітів, як і базальтоїдів зеленокам'яних структур, є примітивна мантия. Петрохімічні методи здебільшого вказують на формування їх в геодинамічних обстановках, близьких до сучасних острівних дуг.

За петрогеохімічними особливостями серед базальтоїдів ЗКС виділено три геохімічні групи, які займають певну геолого-структурну позицію в розрізах і відображаються особливості перебігу основного магматизму.

Поряд із визначеною раніше однотипною будовою розрізів ЗКС, автором виявлено та доведено певні варіації обсягу та/або речовинного складу утворень

різної серійної приналежності, що вказує на існування окремих, сателітних по відношенню до єдиного плюмового джерела, та відмінних за перебігом диференціації магматичних осередків.

Також встановлено, що за розподілом РЗЕ коматіїти суттєво відрізняються від подібних утворень інших регіонів, а саме: 1) їм властивий диференційованим розподіл за рахунок легких елементів; 2) виразна позитивна європієва аномалія. Збагачення легкими РЗЕ пояснюється дією флюїдних розчинів, які супроводжували автометасоматичні та метаморфічні процеси.

Генезис ТТГ асоціацій автор розглядає із найбільш поширеної точки зору їх утворення за рахунок нижніх горизонтів первісної мафітової протокори за участю континентального матеріалу. Останній у Середньому Придніпров'ї представлений суперкрустальними утвореннями славгородської товщі та аульської серії.

Зауваження до розділу 6. В цьому розділі викладено отримані автором результати петрохімічних та геохімічних досліджень архейських утворень СПК, розглянуто питання про їхні первинні джерела, послідовність та геодинамічні умови формування. За геохімічними даними базальти трьох виділених автором груп відносяться до плюмових. Тут варто було б проаналізувати положення цих утворень в структурі мегаблоку. Згідно даних геофізичних досліджень, виходи низьких швидкостей сейсмічних хвиль на поверхню інтерпретуються як виходи плюмів, а значні площі навколо них - як область розтікання плюму. Широтним зонам відповідають місця виходів флюїдних потоків. Це були гіперсистеми, які відповідають періоду часу архей-протерозой. Щодо місць зародження плюмів- то початок їх становлення починається від межі мантиї та зовнішнього ядра, що пов'язується із структурними перебудовами мінералів. Ці процеси детально описані в книзі Superplumes: beyond plate tectonics.-Dordrecht: Springer, 2007.-565p./[Yuen D.A., Maruyama Sh., Karato Sh.-I., Windley B.F.]- Dordrecht: Springer, 2007.-565p. Тому висновок про лише мантийне походження плюму є дискусійним.

У розділі 7 «Загальна модель петрогенезису породних комплексів Середньопридніпровського кратону» автор презентує загальну схему петрогенезису та еволюції породних комплексів. Початкові етапи формування утворень СПК розглядаються з точки зору моделі дрібностільникової мантийної конвекції та діяльності мікроплюмів. Автор припускає, що за такого режиму сформувався славгородський комплекс. Мікроплюми генерували базитову кору, яка поглиналась і зазнавала анатектичного переплавлення в концентрично розташованих спадних зонах. Петрогенезис аульського комплексу забезпечували мезоплюми за, які оперували за збільшених розмірів конвективних мантийних камер. Морфологія спадних зон набувала латеральної морфології. А формування мезоархейського зеленокам'яного комплексу пов'язано з діяльністю мантийного плюму, який охопив усю територію СПК.

Зауваження до розділу 7. В розділі на основі узагальнення матеріалів досліджень, що містяться у попередніх розділах, викладено загальну схему послідовного формування та еволюції породних комплексів. Схема, запропонована автором є дещо спрощена, насправді плюми можуть розгалужуватись, роз'єднуватись, утворювати певні «стада». При цьому зародження плюмів пов'язане з певними подіями: передвісником їх є колізійні явища, а далі відбувається складний процес переробки матеріалу структур, що зазнали зштовхування, зтягування його в мантийні шари. Далі на межі мантия-ядро починається нагрівання відносно холодного матеріалу і його здіймання. Сумнівним є також виділення Дніпровського плюму. Як сказано в зауваженні до розділу 6, місця виходу плюму та його розтікання фіксуються за геофізичними даними. Автором нічого не сказано про їх використання в своїх дослідженнях.

В окремому підрозділі розкрито практичні результати дослідження. Виконано оцінку загальних металогенічних перспектив СПК, які пов'язуються, головним чином, із зруденінням золота в зеленокам'яних структурах. Передбачається також виявлення промислових покладів молібдену в комплексі із золотом, а також нікелю, міді, кобальту. На думку дисертанта, потребує

довивчення питання потенційної алмазоносності нетрадиційних типів – в коматіїтах та лужних породах лампрофірового ряду (камptonітах).

Щодо металогенічної спеціалізації досить сумнівним є перспектива знаходження родовищ алмазів на досліджуваній території. В той час, перспективи золотоносності тут високі. Зокрема за даними зйомки природнього імпульсного електромагнітного поля Землі на 85% підтверджена перспективність структур району Сергіївського родовища в межах Сурської ЗКС. Ці позиції варто було б також викласти у висновках. Перспективи алмазоносності цієї території перебільшені. Згадуються лише знахідки алмазів у мінералогічних пробах Самотканського розсипного родовища. за останні 30 років родовища алмазів в цьому районі так і не були знайдені. Крім того, з металогенічної характеристики випадають рудоносні структури. Винятково геохімічних, петрологічних критеріїв тут недостатньо.

У розділі *«Рекомендації щодо стратиграфічного розчленування архейських утворень»* розглянуто такі практичні питання дослідженої проблемні як стратиграфія ЗКС. Автор пропонує проводити поструктурне розчленування зеленокам'яних утворень зі складанням самостійних легенд для кожної ЗКС зі своїм набором світ і підсвіт в складі конкської та білозерської серій. Зауваження до розділу 8. Цей розділ має практичне спрямування для проведення геолого-знімальних робіт, однак варто було б розробити рекомендації щодо перспектив пошуків нових родовищ в межах описуваних структур.

Таким чином, наведений вище короткий огляд змісту роботи, свідчить про достатню повноту та обґрунтованість отриманих Сукачем В.В. результатів, представлених в роботі у вигляді наукових положень та висновків. Можна констатувати, що поставлена перед дослідженнями мета виконана і автор розробив удосконалену петрогенетичну модель Середньопридніпровського архейського кратону, особливості утворення та еволюції поширених в його межах породних

комплексів, які є типовими для аналогічних ділянок ранньодокембрійської земної кори.

Практична значимість результатів чітко та однозначно висвітлено у розділах 7 і 8 та полягають у використанні розроблених схем та пропозицій під час проведення геологозйомочних робіт та пошуків родовищ корисних копалин, насамперед золота, заліза, молібдену, нікелю, міді, кобальту, рідкісних земель, а також алмазів.

Зауваження до дисертаційної роботи.

Не дивлячись на істотні здобутки дисертанта, щодо деяких питань, які розглядаються в дисертації, необхідно зробити зауваження, а саме:

1. Недостатньо врахований структурно-тектонічний фактор при аналізі петрогенезу Середньопридніпровського кратону як самостійної геотектонічної структури в рамках СЄП. Не дана відповідь на питання, якою була роль тих чи інших структур у становленні кратону та його структурних елементів.

2. Не розкритий механізм формування плюму та його зональність (місце виходу на поверхню, область розтікання, місця інтенсивного флюїдопопотоку), що є важливим для реконструкції становлення окремих структур та формування родовищ корисних копалин.

3. В практичному аспекті слід більше уваги приділити питанню золотоносності Середньопридніпровського кратону. Перспективи алмазоносності тут сумнівні.

Заключний висновок.

Оцінюючи дисертаційну роботу Сукача В.В. в цілому слід відзначити, що вона є завершеною науковою працею, актуальність і доцільність якої не викликає сумнівів. В дисертаційній роботі за результатами авторських та літературних аналітичних досліджень сформульовані сучасний погляд на петрогенезис різномірних за походженням, структурою і речовинним складом породних комплексів Середньопридніпровського архейського кратону. Дисертація за змістом питань, що вирішуються, повністю відповідає спеціальності 04.00.08 – петрологія.

Усі висновки в роботі в достатній мірі аргументовані, а вказані до неї зауваження загалом не знижують наукового та практичного значення проведених досліджень.

Зміст і обсяг опублікованих праць Сукача В.В. в повній мірі розкривають основні положення дисертації (всього опубліковано 59 наукових праць, в т.ч. 30 статей у фахових наукових виданнях.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації та її змісту.

На думку опонента, узагальнені в цій роботі результати петрологічних досліджень, беручи до уваги їх важливість і необхідність ознайомлення з широким колом геологічної громадськості, заслуговують опублікування у вигляді монографії.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота на тему «Петрологія Середньопридніпровського архейського кратону», представлена на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук, відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 року, а її автор – Віталій Васильович Сукач заслуговує на присудження наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.08 – петрологія.

Офіційний опонент:

доктор геолого-мінералогічних наук, професор,
завідувач відділу геології корисних копалин
Інституту геологічних наук НАН України

Л. С. Галецький

Підпис Л. С. Галецького засвідчую

Вчений секретар ІГН НАН України

кандидат геологічних наук

Р.Б. Гаврилук

