

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 551.1/4; 552

В. Сукач, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: svital@ukr.net;С. Курило, канд. геол. наук, наук. співроб.
E-mail: kurylo.sergiy@gmail.comІнститут геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України
пр. Палладіна, 34, м. Київ-142, 03680, Україна;О. Грінченко, канд. геол.-мінералог. наук, доц.
E-mail: alexgrin@univ.kiev.uaКиївський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут Геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, УкраїнаТОНАЛІТ-ТРОНД'ЄМІТ-ГРАНОДІОРИТОВІ (ТТГ) АСОЦІАЦІЇ
СЕРЕДНЬОПРИДНІПРОВСЬКОГО АРХЕЙСЬКОГО КРАТОНУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Плагіогранітоїди складають близько 70% загальної площі Середньопридніпровського кратону (СПК), який виділяється в межах однойменного мегаблоку Українського щита (УЩ). Вони формують куполо- та валоподібні структури, між якими розташована низка зеленокам'яних поясів (структур) (ЗКС) синкліноної будови. Деякі дослідники УЩ ці плагіогранітоїди відносять до типових утворень тоналіт-тронд'єміт-гранодіоритової (ТТГ) асоціації/серії, проте така термінологія не набула широкого вжитку серед українських геологів. Метою даної публікації є визначення обсягу та загальних характеристик ТТГ асоціації СПК та їх порівняльний аналіз із подібними архейськими утвореннями відомих кратонів світу.

За речовинним складом архейські плагіогранітоїди СПК загалом подібні до ТТГ асоціації світу. До складу ТТГ асоціації Середнього Придніпров'я ми відносимо плагіогранітоїди дніпропетровського, саксаганського й сурського комплексів, за винятком: порід гіпібасального й вулканогенного вигляду, що складають невеликі масиви, субвулканічні тіла та дайки у межах ЗКС; різною мірою мігматизовані супракрустальні породи як основного, так і середнього до кислого складу; мікроклінізовані різновиди плагіогранітоїдів; деопольовошпатові гранітоїди, що часто відмічаються серед плагіогранітоїдів і можуть мати невиразні, поступові переходи із ними. Імовірна спорідненість плагіогранітоїдів дніпропетровського, саксаганського й сурського комплексів підтверджується валовим хімічним і мінеральним складом, вмістом і розподілом елементів-домішок та петрографічними особливостями.

За результатами аналізу наявних літературних даних можна зробити висновки, що формування плагіогранітоїдів відбувалось у віковому інтервалі 3,1-2,9 млрд р. Генезис ТТГ асоціації СПК, за аналогією з подібними утвореннями добре вивчених архейських кратонів світу, передбачає їх утворення за рахунок первісної мафітової протокори без зв'язку з ендегенними процесами, які супроводжували магматизм у межах ЗКС.

Питання ідентифікації та генезису ТТГ асоціації СПК потребують більш повного та комплексного обґрунтування як традиційними, так і сучасними прецизійними аналітичними методами.

Ключові слова: Український щит, Середньопридніпровський мегаблок, плагіогранітоїди, ТТГ асоціація.

Вступ. Головними структурно-речовинними компонентами ранньодокембрійських кратонів світу є плагіогранітоїди тоналіт-тронд'єміт-гранодіоритової (ТТГ) асоціації або серії та сполучені з ними зеленокам'яні пояси [3, 11, 18]. До групи таких відомих архейських кратонів, як Каапваль і Зімбabwe в Південній Африці, Пілбар та Йілгарн у Австралії, Слейв, Сюперіор і Сан-Франциско в Північній та Південній Америці, Карнатака в Індії, ми відносимо також і Середньопридніпровський мегаблок (СПМ) Українського щита (УЩ). У його межах виділяється низка типових зеленокам'яних поясів (структур) синкліноної будови, що складені зонально метаморфізованими осадово-вулканогенними формаціями віком 3,2-2,9 млрд р [1, 6, 18]. Зеленокам'яні структури (ЗКС) розміщені між значно переважаючими їх за розмірами куполоподібними структурами, які складені гранітоїдами, що займають близько 70% загальної площі Середньопридніпровського кратону (СПК). Серед гранітоїдів найбільш поширеними є плагіоклазові різновиди плутонічного, мігматито- або гнейсоподібного вигляду, які деякими авторами [25, 11, 18] цілком виправдано ідентифікуються як утворення ТТГ асоціації, хоча така термінологія й не набула широкого вжитку серед вітчизняних дослідників.

Загальна характеристика ТТГ асоціації. На початкових етапах вивчення зеленокам'яних поясів у 60-70-і роки XX ст гранітоїди, які складали 70-90% території ранньодокембрійських кратонів, виділялись як комплекс "сірих гнейсів". Назва походить від загального вигляду порід: наявність смугастої текстури та характерне забарвлення у сірих відтінках – як відображення переважної відсутності рожевого калієвого польового шпату в їх складі. Впе-

рше термін ТТГ (TTG) був застосований у роботі [25] до асоціації трьох генетично споріднених плутонічних типів порід, визначальних у складі комплексу "сірих гнейсів": тоналітів, тронд'ємітів і гранодіоритів.

Відповідно до літературних джерел, узагальнених Дж.-Ф. Мойсеном і Х. Мартіном [22, 23], породні різновиди ТТГ асоціації – це гранітоїди, які збагачені на кремнезем (вміст $\text{SiO}_2 > 64$ ваг. %, у середньому ~ 70 ваг. % або навіть більше), мають високий вміст натрію (3,0-7,0 ваг. % Na_2O) та низьке відношення $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (близько 0,5). Вони досить збіднені на фемічні оксиди (≤ 5 ваг. %). Більшість архейських ТТГ має $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15\%$ при $\text{SiO}_2 = 70\%$ та належить до високоглиноземистої групи. За коефіцієнтом $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ – (A/CNK близько 1) вони змінюються від нормальноглиноземистих та слабкоперглиноземистих відмін, а A/CNK дещо зростає зі збільшенням кремнеземистості порід.

За мінералого-петрографічними ознаками плагіоклаз переважає в *тоналіті*, а лужні польові шпати в *граніті*, у той час, як у гранодіориті присутні обидва різновиди польових шпатів. Тронд'єміт представляє собою суттєво збагачений на кварц різновид тоналіту, який характеризується перевагою натрієвого польового шпату над калієвим. Кількість мафічних мінералів (біотит+рогова обманка+магматичний епідот [21]), присутніх у гранодіориті та тоналіті, може змінюватися в широких межах – від 20 до 40%, у той час, як вміст фемічних мінералів типових гранітів не перевищує декілька відсотків. Серед акцесорних мінералів переважають циркон, ортит, сфен, апатит та титаномagnetит.

Таким чином, до складу ТТГ асоціації СПК потенційно можна віднести мезоархейські (3,2-2,9 млрд років) плагіог-

гранітоїди дніпропетровського, сурського й саксаганського комплексів [10] за винятком останців різною мірою мігматизованих супракрустальних порід аульської серії, які найчастіше відмічаються у першому з них. Калішпатизовані породи, які сформувалися в результаті метасоматичних змін згаданих плагіогранітоїдних комплексів під впливом укорінення більш пізніх (2,9-2,8 млрд р) двопольовошпатових гранітоїдів, і самі гранітоїди demuри́нського, токівського та мокромосковського комплексів, до складу ТТГ асоціації також не включаються.

Постановка проблеми. Питаннями геологічної будови, петрології, віку та металогенії архейських плагіогранітоїдів СПК у різні роки займалися Г.В. Артеменко, Б.З. Берзенін, О.Б. Бобров, М.М. Доброхотов, К.Ю. Єсипчук, Л.В. Ісаков, С.Б. Лобач-Жученко, В.І. Орса, І.С. Паранько, А.В. Самсонов, А.О. Сіворонов, Л.М. Степанюк, В.В. Сукач, М.І. Толстой, В.М. Трощенко, Б.Я. Хорева, М.П. Щербак, О.Б. Щербаков та багато інших. Незважаючи на тривалий період вивчення, починаючи з другої половини ХХ до початку ХХІ ст., плагіогранітоїди дніпропетровського, саксаганського комплексів все ще залишаються серед найменш вивчених утворень СПК. Це обумовлено двома причинами: 1) у межах поширення цих порід майже не проводилось глибинне геологічне картування, що пов'язано з пануванням ідей про їхню загальну низьку перспективність на виявлення родовищ корисних копалин. З цієї ж причини маємо й малий обсяг фактичного матеріалу щодо їхніх геохімічних та ізотопно-геохімічних особливостей; 2) складність вивчення генезису таких утворень, оскільки вони багаторазово піддавались тектоно-метаморфічним перетворенням. Значно більше уваги було приділено плагіогранітоїдам сурського комплексу завдяки їхній просторовій асоціації з зеленокам'яними утвореннями та структурно-генетичним зв'язкам з проявами зруденіння золота, молібдену та інших металів.

Серед дослідників СПК найпоширенішою є точка зору [2, 4, 12], згідно з якою дніпропетровський комплекс розглядається як можливий фундамент для зеленокам'яного розрізу, а "сурські" й "саксаганські" плагіогранітоїди укорінилися по завершенні формування ЗКС. Проте, наявні геохронологічні дані, отримані для порід дніпропетровського комплексу [1, 5, 6, 16], свідчать про його формування практично синхронно із накопиченням вулканогенних зеленокам'яних товщ 3,2-2,9 млрд р тому. Більше того, становлення ТТГ асоціацій на добре вивчених древніх кратонах зазвичай генетично не пов'язується з формуванням архейських зеленокам'яних поясів [3] і може як передувати їм, так і бути синхронним або пізнішим.

У зарубіжній літературі [26, 28] домінують уявлення, що плагіогранітоїди як утворення первинної континентальної кори кислого складу сформувалися за рахунок перетворення більш древньої (примітивної) земної кори основного складу, релікти якої представлено численними ксенолітами амфіболітів серед них.

Отже, вивчення архейських плагіогранітоїдів важливе у зв'язку із вирішенням загальносвітової проблеми фундаменту зеленокам'яних поясів та розвитком наших уявлень про еволюцію земної кори в архейі загалом і в межах УЩ зокрема.

Метою публікації є визначення обсягу та загальних характеристик ТТГ асоціації СПК та їх порівняльний аналіз із подібними архейськими утвореннями відомих кратонів світу.

Виклад основного матеріалу. Геолого-петрографічна характеристика. Дніпропетровський комплекс має найбільше поширення в СПК (близько 50% площі кратону) і виступає в ролі своєрідного "каркасу" для всіх інших породних комплексів. Він представлений різно-

манітними за складом, структурою та текстурою кислими породами ультраметаморфогенного генезису: мігматитами й гнейсоподібними плагіогранітоїдами (граніто-гнейсами) тоналіт-тронд'ємітового складу з переходами до утворень типового плутонічного вигляду – тронд'ємітів, тоналітів, гранодіоритів, кварцових діоритів та діоритів. Серед них помітно переважають тоналіти й тронд'єміти [19] (назва "тронд'єміт" у даній роботі застосовується як синонім назви "плагіограніт"). Комплекс виділяється в обсязі формацій ультраметаморфічних діорит-плагіогранітових і граніт-плагіогранітових мігматитів [4]. У роботах В.І. Орси [13, 14] він фігурує як формація тоналітових граніто-гнейсів і мігматитів, що об'єднує гранітоїди гнейсоподібного або гнейсоподібно-смугастого мігматитового вигляду, які тісно пов'язані з метаморфічним або метаплутонічним субстратом (тип II), і формація кварцових діоритів (тип I). До останньої автор відносить кварцові діорити, діорити та тоналіти Лоцкам'янського (Ямбурзького) масиву, який відслонюється південніше м. Дніпропетровськ вздовж лівого берега Дніпра у низці кар'єрів. Дослідники Середнього Придніпров'я одностайні в тому, що породний склад дніпропетровського комплексу значною мірою контролюється складом вихідного субстрату та процесами гранітоутворення. За даними геохронологічних досліджень [1, 4-6, 12, 18], у складі комплексу умовно можна виділити дві вікові групи плагіогранітоїдів: 3,09-3,07 і 3,0-2,9 млрд р. Проте, ці групи не корелюються з виділеннями вище типами I і II.

Макроскопічно плагіогранітоїди комплексу це породи світло-сірого, сірого, темно-сірого кольорів, дрібно-, середньодрібно- або середньозернисті, подекуди слабзорозсланцьовані, катаклазовані. Текстура порід смугаста, гнейсоподібна, масивна; структура нечітка гіпідіоморфнозерниста, інколи порфіроподібна, подекуди відмічаються елементи гранобластової. Головними мінералами є плагіоклаз (альбіт-олігоклаз), кварц, зрідка мікроклін. Темноколірні мінерали представлені біотитом, епідотом, мусковітом, магнетитом, акцесорні – цирконом (малакон), апатитом, сфеном, ортитом. У тоналітах, зазвичай, з'являються перші відсотки амфіболу, а в гранодіоритах і кварцових діоритах його кількість зростає до 6-35%.

Сурський комплекс включає в себе плутонічні утворення тоналіт-плагіогранітної формації [2], які, зазвичай, обрамляють ЗКС у складі видовжених або ізометричних масивів, що, відповідно, простягаються вздовж їхніх контактів або локалізовані між їхніми хвістоподібними відгалуженнями. Найбільш розповсюдженими породами у складі масивів є біотитові, рідше роговообманково-біотитові, тоналіти, що складають не менш, ніж 50% загального обсягу. Тронд'єміти поступаються тоналітам за поширеністю; зрідка відмічаються кварцові діорити, гранодіорити та низьколужні граніти. До складу комплексу відносяться також гіпабісальні масиви та субвулканічні тіла, які розміщуються безпосередньо в межах ЗКС. Для них відмічаються чітка вікова кореляція з кислими ефузивами в складі зеленокам'яного розрізу та, переважно, тоналіт-гранодіоритовий склад. Становлення масивів тоналіт-плагіогранітної формації обмежується віковим інтервалом 3,1-2,95 млрд р [1-2, 6], тоді як субвулканічні утворення мають дещо ширші межі формування, які добре зіставляються з періодом накопичення зеленокам'яного розрізу – 3,2-2,9 млрд р. На наш погляд, останні варто відрізнити у самостійну хроностратиграфічну одиницю [17].

Тоналіти найбільш вивченого Сурського (Сурсько-Литовського) масиву [2] представляють собою сірі масивні породи, часто з нечітко вираженою гнейсоподібною текс-

турою. Структура середньозерниста, гіпідіоморфнозерниста, подекуди з елементами гетерогранобластової. Головними мінералами є плагіоклаз та кварц, серед другорядних біотит, епідот, мусковіт. Акцесорні мінерали представлені апатитом, цирконом, ортитом та магнетитом.

Саксаганський комплекс поширений вздовж західної границі СПК у районі Криворізької структури. За структурною позицією, віком (3067 ± 8 млн р [16]) та мінералогічно-петрографічними особливостями цілком виправдано є пропозиція об'єднати його із сурським. У літературі гранітоїди саксаганського типу часто йменувалися як кременчуцькі. Близькими до них за складом і віком є також інгулецькі плагіогранітоїди [24]. Саксаганський комплекс складений утвореннями тоналіт-тронд'ємітового ряду. Тронд'єміти переважають над тоналітами, відмічається певний обсяг кварцових діоритів, а також мігматитів і граніто-гнейсів тоналітового складу [13]. Релікти порід

метаморфічного субстрату серед цих гранітоїдів відмічаються в обмеженій кількості.

Саксаганські плагіогранітоїди представлені біотитовими, рідше амфібол-біотитовими, різновидами, які є гомогенними за структурою та мінеральним складом. Текстура масивна та гнейсоподібна, структура середньо- й дрібнозерниста. Головні мінерали представлені плагіоклазом та кварцом, темноколірні – біотитом, роговою обманкою. Серед акцесорних мінералів – циркон, апатит, сфен, магнетит, ільменіт, монацит [19].

Петрохімічна та геохімічна характеристика. Для загальної петрохімічної характеристики було використано близько 400 аналізів валового хімічного складу гранітоїдів, як із фондових та літературних джерел [7, 12, 14-15, 19, 25, 28], так і з авторських колекцій. Середній хімічний склад архейських гранітоїдних комплексів наведено в зведеній табл. 1.

Таблиця 1

Середній хімічний склад та петрохімічні особливості плагіогранітоїдів СПК

Середній хімічний склад та петрохімічні особливості планових рудовід Сік																
	Дніпропетровський комплекс									Сакаганський комплекс			Сурський комплекс			
	тип-I				тип-II											
*	1	2	3	4	1	2	3	4	5	3	4	5	2	3	4	5
SiO ₂	57,13	59,95	66,30	70,20	56,22	61,30	65,79	70,53	74,01	66,57	70,48	74,35	62,21	65,96	70,22	74,97
TiO ₂	0,67	0,60	0,43	0,29	0,56	0,57	0,51	0,28	0,20	0,40	0,34	0,11	0,53	0,46	0,34	0,17
Al ₂ O ₃	18,72	18,24	16,45	15,68	17,10	17,32	16,32	15,08	13,45	15,23	15,04	13,84	17,35	16,25	14,83	13,10
Fe ₂ O ₃	2,41	2,12	1,59	1,15	2,53	2,07	1,69	0,96	0,91	1,43	0,70	0,11	2,13	1,84	1,19	0,56
FeO	4,10	3,74	2,55	1,60	4,57	3,55	2,86	1,83	1,45	3,35	2,26	1,37	2,63	2,31	1,77	1,31
MnO	0,11	0,08	0,05	0,03	0,11	0,09	0,06	0,04	0,04	0,12	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06
MgO	3,30	2,63	1,27	0,84	3,50	2,38	1,55	0,92	0,69	2,05	1,13	0,46	2,06	1,60	1,15	0,63
CaO	6,75	5,64	3,93	3,12	7,09	5,35	4,02	2,86	2,25	3,40	2,81	1,68	4,30	3,50	2,44	1,34
Na ₂ O	4,26	4,26	4,78	4,72	4,07	4,26	4,30	4,46	4,10	4,86	4,35	3,86	4,56	4,44	4,46	4,26
K ₂ O	1,06	1,27	1,38	1,57	1,78	1,64	1,75	1,90	1,85	1,49	1,85	3,22	1,38	1,80	1,92	2,30
P ₂ O ₅	0,20	0,21	0,15	0,09	0,47	0,22	0,15	0,11	0,05	0,08	0,07	0,04	0,16	0,21	0,10	0,05

Примітка: * види гірських порід відповідно до Петрографічного кодексу України (1999): 1 – діорит, 2 – кварцовий діорит, 3 – тоналіт, 4 – тронд'єміт, 5 – лейкократовий тронд'єміт

За хімічним складом розглянуті плагіогранітоїди СПК є досить близькими між собою, а за середніми значеннями головних петрогенних компонентів вони подібні до порід ТТГ (TTG) асоціації світу [21]. Порівняно з середнім складом земної кори, плагіогранітоїди вирізняються нижчим вмістом фемічних компонентів, близьким до середнього складу кори вмістом Al₂O₃, SiO₂, K₂O (за винятком дніпропетровських (тип I) і саксаганських плагіогранітоїдів) та вирізняються чітким максимумом вмісту натрію.

На класифікаційній діаграмі нормативного складу Ab-An-Or (рис. 1-а) гранітоїди формації кварцових діоритів (тип I) характеризуються малою варіативністю за нормативним складом і відповідають, у більшості випадків, **тоналітам** з підпорядкованою кількістю **тронд'ємітів**. Характерною особливістю гранітоїдів цього типу є доволі низький вміст кремнезему (середнє значення 64,48 ваг.%), завдяки чому вони утворюють безперервний ряд від діоритів до плагіогранітів; кварцові діорити та тоналіти мають домінуюче положення, а лейкограніти не представлені взагалі. Також, порівняно з іншими гранітоїдними комплексами, збагачені на оксиди Mg, Fe, Ca та Al. Характерною особливістю цієї групи гранітоїдів є мала варіативність лугів та кальцію. Середній вміст CaO – 4,51 ваг.%, що свідчить про їхнє можливе походження за рахунок перетворення первісної базитової кори [19]. Сума лугів найнижча з-поміж інших гранітоїдів комплексів, а відношення K₂O/Na₂O досить стійке, коливається у межах 0,2-0,44.

Гранітоїди формації ультраметаморфічних діорит-плагіогранітових і граніт-плагіогранітових мігматитів (тип-II) характеризуються значною невтриманістю хімічного складу. Це добре ілюструє діаграма An–Ab–Or (рис. 1-а), на котрій за нормативним складом вони утворюють породний ряд від найбільш до мало поши-

рених: **тоналіт – тронд'єміт – гранодіорит – граніт**. Останні два породні члени мають різко підпорядковане значення, а їх присутність визначається поширенням проявів більш пізніх процесів мігматизації та мікроклінізації. Вміст CaO дещо нижчий, ніж у гранітоїдах типу I, – 3,46 ваг.%. Часткове плавлення первинних порід супроводжувалося збагаченням на калій та підвищенням частки салічних компонентів. Тому для цієї групи гранітоїдів характерний високий вміст лугів із середнім значенням 6,18 ваг.%, що є найвищим з-поміж інших плагіогранітоїдних комплексів, що розглядаються. Збільшення суми лугів супроводжується стрімким зростанням відношення K₂O/Na₂O від 0,12 до 1,36.

Гранітоїди дніпропетровського комплексу серед інших плагіогранітоїдних комплексів вирізняються за вищим вмістом Sr (575-740 г/т), що добре корелюється з високим валовим вмістом CaO, а також V та Y. Для цих самих гранітоїдів характерний найнижчий вміст Rb (10-50 г/т) та, відповідно, найнижче відношення Rb/Sr – 0,1 (табл. 2).

Сумарний вміст рідкісноземельних елементів (РЗЕ) у плагіогранітоїдах кварц-діоритової формації (тип I) $\sum TR_n$ у 320-570 разів вищий, ніж у хондриті. Легкі лантаноїди помітно переважають над важкими (La/Yb)_n – 8,8-15,9 – та проявляється слабо виражена негативна європейська аномалія Eu/Eu* – 0,82-0,94 (рис. 2-а).

Вміст РЗЕ у гранітоїдах типу II [9] доволі неоднорідний: сумарний вміст у кварцових діоритах складає 49,8 г/т, у тоналітах – 109,9 г/т, у тронд'ємітах – 170 г/т. Сумарний вміст $\sum TR_n$ у 94-300 разів переважає над хондритовим. Для всіх різновидів типу II характерно переважання легких лантаноїдів над важкими (La/Yb)_n – 12,5-25,7. У тоналітах та тронд'ємітах слабо виражена позитивна європейська аномалія Eu/Eu* – 1,1-1,18, у кварцовому діориті майже не проявлена – 0,98.

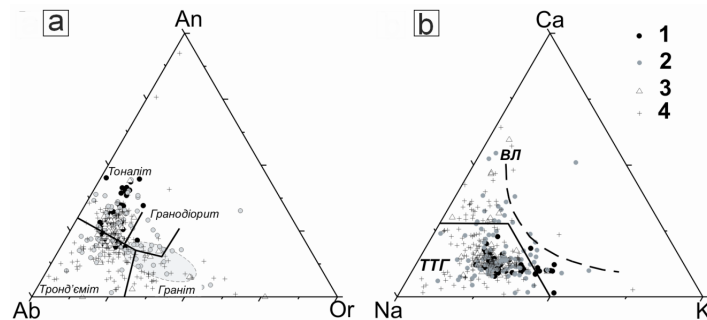


Рис. 1. Діаграма розподілу головних компонентів плагіогранітоїдів Середнього Придніпров'я:

а – класифікаційна діаграма за нормативним складом An–Ab–Or, сіре поле показує статистичне положення фігуративних точок гранітоїдів сучасної континентальної кори; б – трикутна діаграма в координатах Na–K–Ca.

Умовні позначення на діаграмах: ТТГ та суцільна лінія показують границю статистичного розповсюдження фігуративних точок порід тоналіт-трондієміт-гранодіоритової асоціації. Сірим полем обмежено область поширення гранітоїдів, збагачених калієм; ВЛ – вапнисто-лужний тренд, який характеризує збагачення калієм внаслідок магматичної диференціації, при цьому переважна більшість гранітоїдів ТТГ асоціації його не проявляють. Арабські цифри на діаграмі б, плагіогранітоїдні комплекси: 1, 2 – дніпропетровський, 1 – формація кварцових діоритів (тип I), 2 – формації ультраметаморфічних діорит-плагіогранітових і граніт-плагіогранітових мігматитів (тип II); 3 – саксаганський; 4 – сурський

Таблиця 2

Порівняння середніх петрохімічних характеристик плагіогранітоїдів СПК та ТТГ асоціацій світу

	Комплекс									
	Дніпропетровський тип-I		Дніпропетровський тип-II		Саксаганський		Сурський		ТТГ [23]	
N	43	св.	109	св.	51	св.	183	св.	1439	св.
SiO ₂	64,48	5,64	68,43	4,77	69,79	2,71	69,35	4,6	69,15	3,29
TiO ₂	0,45	0,2	0,37	0,2	0,34	0,12	0,35	0,22	0,36	0,16
Al ₂ O ₃	17,03	1,6	15,44	1,55	14,95	1,17	15,05	1,89	15,53	1,05
FeO*	4,35	1,81	3,46	1,59	3,25	1,31	3,12	1,44	2,73	1,21
MnO	0,06	0,04	0,05	0,03	0,06	0,11	0,07	0,07	0,05	0,08
MgO	1,76	1,08	1,28	0,8	1,33	0,85	1,26	0,85	1,16	0,72
CaO	4,51	1,54	3,45	1,4	2,88	0,87	2,67	1,4	3,14	1,12
Na ₂ O	4,55	0,51	4,34	0,69	4,39	0,81	4,42	0,94	4,84	0,77
K ₂ O	1,41	0,4	1,82	1,13	1,88	1,47	1,89	1,18	1,7	0,71
V	74,84	9,5	-	-	40,9	9,5	60,4	14,0	32,86	23,33
Cr	39,85	34,8	-	-	16,1	11,5	295,7	108,4	40,36	23,33
Ni	15,1	9,5	-	-	9,2	2,6	17,1	8,2	36,35	94,06
Cu	60,3	35,9	-	-	44,7	22,3	47,7	16,2	-	-
Zn	66,6	14,6	-	-	55,4	10,9	56,0	10	-	-
Rb	33,6	11,2	-	-	43,9	12,4	49,3	3,6	55,55	32,15
Sr	728,7	117,7	-	-	220,2	41,9	655,7	32,2	492,91	203,42
Ba	955,3	121	-	-	474,4	63,1	1025,9	137,2	530,64	379,76
Zr	115,3	119	-	-	178,4	139,4	113,0	13,4	139,51	74,49
Nb	16,2	4,8	-	-	15,8	4,7	15,4	4,3	5,2	3,59
Y	31,9	5,6	-	-	17,8	3,6	18,9	3,1	9,18	13,01
Rb/Sr	0,05				0,2		0,1		0,1	
Петрохімічні коефіцієнти										
F	60,17	9,3	61,36	9,8	60,32	9,67	59,63	11,42	56,91	
Mf	6,63	2,9	5,16	2,5	4,98	2,11	4,7	2,26	4,3	
K ₂ O/Na ₂ O	0,32	0,1	0,48	0,5	0,45	0,42	0,48	0,4	0,35	
K ₂ O+Na ₂ O	5,96	0,6	6,17	1,0	6,27	1,51	6,25	1,1	6,5	
A/CNK	1,12	0,15	1,12	0,15	1,16	0,15	1,2	0,16	1,13	
Ag	0,43	0,08	0,5	0,1	0,53	0,19	0,53	0,14	0,52	

Примітка: n – кількість аналізів, F – Fe/(Fe+Mg), ат.%; Mf – (FeO+MgO+Mn+TiO₂), ваг.%; A/CNK – Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O), молек. част.; ag – (K+Na)/Al, ат.част., FeO* – FeO+0,9*Fe₂O₃ ваг.%; св. – стандартне відхилення.

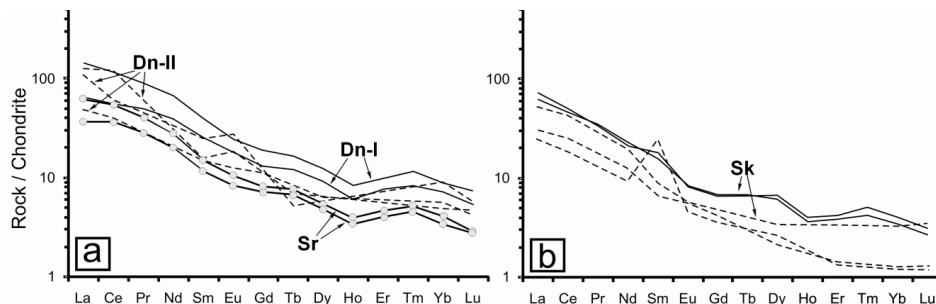


Рис. 2. Розподіл рідкісноземельних елементів, нормованих на хондрит [6]:

а – плагіогранітоїди дніпропетровського (формація: кварцових діоритів – тип I (Dn-I), тоналітових граніто-гнейсів і мігматитів – тип II (Dn-II)) та сурського (Sr) комплексів; б – плагіогранітоїди саксаганського комплексу (Sk).

Суцільні лінії – за результатами авторських аналізів, пунктирні – запозичені з літературних джерел

За нормативним складом гранітоїди *саксаганського* комплексу доволі однорідні та приблизно рівною мірою відповідають тронд'ємітам і тоналітам (рис. 1-б). За вмістом кремнезему серед породних членів відсутні діорити та кварцові діорити. За середнім вмістом SiO_2 вони є близькими до гранітоїдів сурського комплексу. Подібно до гранітоїдів дніпропетровського комплексу II типу, для них також характерне зростання відношення $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, яке проявляється зі зростанням лужності, але з менш похилою лінією тренду. У цілому, за валовим хімічним складом гранітоїди *саксаганського* комплексу є більш близькими до гранітоїдів сурського комплексу.

За вмістом елементів-домішок *саксаганські* гранітоїди від інших плагіогранітоїдних комплексів вирізняються нижчим вмістом Ba (438-556 г/т), Sr (140-290 г/т), Cr (9-46 г/т) та вищим Zr (80-550 г/т) (табл. 2).

За вмістом і розподілом РЗЕ [9] *саксаганські* плагіограніти помітно відрізняються від дніпропетровських. Хондритнормовані криві мають досить компактне розміщення (рис. 2-б). Сумарний вміст РЗЕ $\Sigma \text{РЗЕ}_n$ у 228-244 рази переважає над хондритовим. Відмічається найбільша перевага легких лантаноїдів над важкими $(\text{La}/\text{Yb})_n - 18,2-18,6$, порівняно з іншими комплексами, а також чітко проявляється негативна європейська аномалія, яка в більшості випадків складає $\text{Eu}/\text{Eu}^* - 0,63-0,76$. Є окремі визначення $\text{Eu}/\text{Eu}^* - 0,33$ та 1,08.

Гранітоїди *сурського* комплексу мають невитриманий хімічний склад. За нормативним складом вони представлені, у порядку зменшення поширеності: тронд'єміти – тоналіти – граніти – гранодіорити. Останні мають різко підпорядковане значення. Середній вміст кремнезему для них є найвищим з-поміж інших плагіогранітоїдних утворень СПК – 69,4 ваг.%. Відношення калію до натрію збільшується зі зростанням лужності подібно до гранітоїдів *саксаганського* комплексу.

Для гранітоїдів сурського комплексу, порівняно з іншими плагіогранітоїдними комплексами, характерний найвищий вміст Ba (818-1300 г/т), Rb (40-55 г/т), сиде-

рофільних елементів. Вміст Zr (90-135 г/т) нижчий, ніж у гранітоїдах *саксаганського* комплексу, однак близький до дніпропетровського [15]. Відношення Rb/Sr – 0,1 наближається до середнього складу ТТГ асоціацій світу.

Гранітоїди відносно збагачені на деякі літофільні компоненти, в породах деяких масивів зафіксовано підвищений вміст рідкісних земель та ітрію – Ce-40, La-25, Yb-10, Y-13 [15]. У той самий час, халькофільні елементи зрідка сягають кларкових значень. Подібно до інших комплексів, відмічається переважання легких лантаноїдів над важкими – $(\text{La}/\text{Yb})_n - 10,9-15,2$ з незначною негативною європейською аномалією – $\text{Eu}/\text{Eu}^* - 0,82-0,91$. Сумарний вміст РЗЕ ΣTR_n у 179-251 раз переважає над хондритовим. У цілому, характер ліній розподілу РЗЕ (REE) (рис. 2-а) подібний до плагіогранітоїдів дніпропетровського та *саксаганського* комплексів.

Порівняльний аналіз. Плагіогранітоїди описаних вище комплексів за середнім валовим хімічним складом цілком подібні до ТТГ (TTG) серії світу [23], за винятком дещо підвищених значень вмісту MgO та FeO у перших. Порівняно із середнім складом земної кори, вони збіднені на мафічні компоненти та вапно. Вміст K_2O , SiO_2 та Al_2O_3 подібний до утворень верхньої кори, а за вмістом Na_2O вони сильно збагачені порівняно з нею. На потрібній діаграмі K-Na-Ca всі плагіогранітоїди комплексів СПК потрапляють у поле розповсюдження типових архейських утворень ТТГ (TTG) асоціацій (рис. 1-а).

На петрохімічній діаграмі (рис. 3-а) плагіогранітоїди відповідають утворенням нормальної лужності, вапнистої та вапнисто-лужної петрохімічних серій. Незначне переважання глинозему над сумою вапна та лугів обумовлює незначну пересиченість глиноземом (нормативний корунд близько 1% або менше). Залізистість порід коливається у вузьких межах – 59-61 ат.%, та зростає зі збільшенням вмісту кремнезему. Всі гранітоїди характеризуються чітким трендом до збіднення на CaO, TiO_2 , FeO, MgO, Al_2O_3 (табл. 1). Гранітоїди *саксаганського* комплексу вирізняються "крутішим" трендом CaO, MgO, Al_2O_3 порівняно з гранітоїдами інших комплексів.

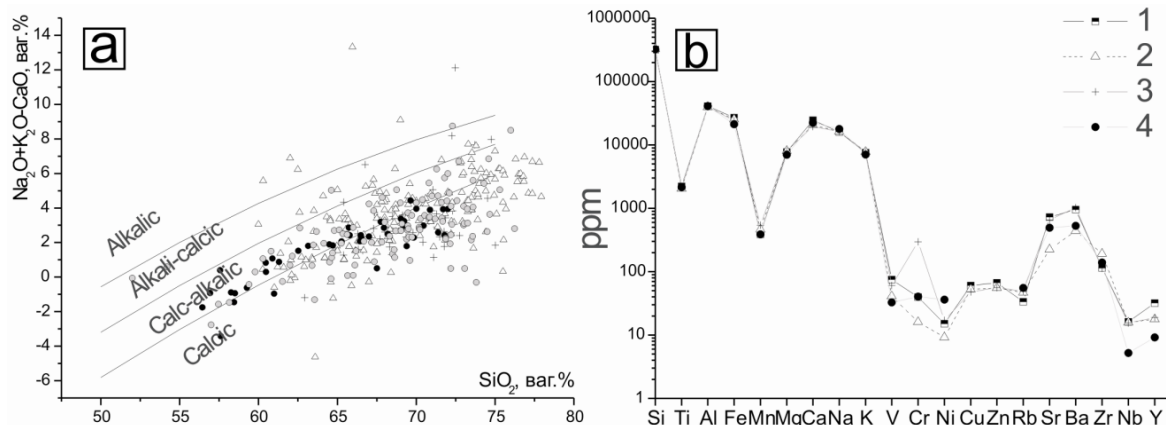


Рис. 3. Петрохімічні особливості гранітоїдів СП:

а – серійна належність гранітоїдів за [26], умовні позначення як до рис. 1; б – середній хімічний склад плагіогранітоїдних комплексів: 1 – дніпропетровський, 2 – саксаганський, 3 – сурський, 4 – середній склад ТТГ світу

Зі зростанням SiO_2 вміст Na_2O практично не змінюється, а вміст K_2O найбільш невитриманий, порівняно з іншими петрогенними компонентами. Визначається й така тенденція – для діоритів та тоналітів поведінка K_2O відносно інертна та подібна до Na_2O , а у тронд'ємітах загальні значення вмісту K_2O помітно зростають. Така тенденція найкраще проявлена у гранітоїдах *саксаганського* й *сурського* комплексів, трохи менше у гранітоїдах II групи ("стрибки" вмісту калію спостерігаються майже по всій виборці) і майже не проявлена для гранітоїдів I групи

дніпропетровського комплексу. Визначається зростання загальної лужності гранітоїдів, що супроводжується зростанням відношення $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$. У той же час, високі значення вмісту K_2O не є закономірним явищем для досліджуваних вибірок, а скоріше, є окремими випадковими відгалуженнями, які відхиляються від загальної тенденції. Можливо, невитримана поведінка K_2O та витриманий розподіл CaO, Al_2O_3 , TiO_2 , FeO є віддзеркаленням більш пізніх проявів мігматизації та мікроклінізації. Середній вміст K_2O у плагіогранітоїдах СПК коливається у межах

1,4-1,8 ваг.%, а у складі ТТГ (TTG) асоціацій – 1,39 ваг.%. На нашу думку, плагіогранітоїди зі значеннями вмісту K_2O у понад 2,2 ваг.% є такими, що піддалися більш пізнім процесам мікроклінізації.

Середній вміст мікроелементів у плагіогранітоїдах СПК досить схожий з таким у породах ТТГ асоціацій світу; відмічаються дещо вищі концентрації Y, Nb та дещо нижчі Rb і Zr (окрім утворень саксанського комплексу) (табл. 2, рис. 3-б).

До цього необхідно додати, що для плагіогранітоїдів дніпропетровського, саксанського й сурського комплексів характерні подібний речовинний склад, вік та, часто, відсутність чітких контактів з близькими за складом вміщуючими породами. В умовах значної закритості території це обумовлює зближені значення параметрів електромагнітних полів, що ускладнює чітку ідентифікацію їх геофізичними методами при геологічній зйомці. Не завжди діагностуються однозначно плагіогранітоїди різної хроностратиграфічної належності й у наявних природних і штучних відслоненнях, ще проблематичніше – у свердловинах.

Висновки:

1. За речовинним складом архейські плагіогранітоїди СПК загалом подібні до ТТГ асоціацій світу. Серед них найпоширенішими є тронд'єміти й тоналіти, з незначним переважанням перших, а гранодіорити, разом із кварцовими діоритами, і, подекуди, діоритами, знаходяться у вельми підпорядкованій кількості.

2. До складу ТТГ асоціацій Середнього Придніпров'я ми відносимо плагіогранітоїди дніпропетровського, саксанського й сурського комплексів, за винятком: порід гіпабісального та вулканогенного вигляду, що складають невеликі масиви та субвулканічні тіла й дайки у межах ЗКС та, зазвичай, розглядаються у складі ранніх фаз сурського комплексу; різною мірою мігматизовані супракрустальні породи як основного, так і середнього та кислого складів; калійшпатизовані різновиди плагіогранітоїдів; двопольовошпатові гранітоїди, що часто відмічаються серед плагіогранітоїдів і можуть мати нечіткі, поступові переходи із ними.

3. Імовірна спорідненість плагіогранітоїдів дніпропетровського, саксанського й сурського комплексів підтверджується валовим хімічним і мінеральним складом, вмістом і розподілом елементів-домішок та петрографічними особливостями. Деяка неоднорідність розподілу РЗЕ в них може пояснюватися складними процесами їхньої еволюції. Зазвичай плагіогранітоїди названих комплексів не мають чітких границь між собою, слабо розрізняються у геофізичних полях, внаслідок чого їх картування інколи ґрунтується на опосередкованих даних.

4. Генезис ТТГ асоціацій СПК, за аналогією з породами-аналогами добре вивчених архейських кратонів світу, передбачає утворення за рахунок первісної мафітової протокори без зв'язку з ендегенними процесами, які супроводжували магматизм у межах ЗКС. Проте, дане питання в межах регіону вивчене надто слабо, а тому потребує додаткових петролого-геохімічних досліджень.

5. За наявними літературними даними, формування плагіогранітоїдів відбувалось у віковому інтервалі 3,1-2,9 млрд р тому. В межах цього інтервалу можна виділити окремі періоди або фази гранітоутворення, але поки їх не вдається достовірно обмежити геологічними та віковими границями, хоча подекуди вони мають певну речовинну специфічність і територіальну приуроченість.

Питання ідентифікації, генезису та картування плагіогранітоїдів ТТГ асоціацій Середньопридніпровського кратону потребують більш повного та комплексного вивчення й обґрунтування як традиційними, так і преци-

зійними лабораторними методами, що відповідають сучасному рівню світової геологічної науки.

Список використаних джерел

1. Артеменко Г. В. Геохронологія Середньопридніпровської, Приазовської та Курської граніт-зеленокам'яних областей [Текст] : автореф. дис... д-ра геол. наук: 04.00.02 / Артеменко Геннадій Володимирович ; НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії і рудоутворення. – К., 1998. – 31 с.
2. Бобров О. Б. Геологія та радіологічний вік тоналітів Сурського масиву (Середнє Придніпров'я) [Текст] / О. Б. Бобров, Л. М. Степанюк, В. М. Скобелев // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2008. – № 3. – С. 17-32.
3. Геологические, петрологические и изотопно-геохимические ограничения геодинамических моделей образования архейских тоналит-трондьеми-гранодиоритовых ассоциаций древних кратонов [Текст] / А. Б. Вревский, С. Б. Лобач-Жученко, В. П. Чекулаев и др. // Геотектоника. – 2010. – № 4. – С. 1-19.
4. Геолого-структурна позиція та ізотопний вік плагіогранітоїдів району Верхівцівської зеленокам'яної структури [Текст] : (Середнє Придніпров'я) / О. Б. Бобров, Л. М. Степанюк, В. М. Скобелев, Т. І. Довбуш // Мінеральні ресурси України. – 2004. – № 3. – С. 18-23.
5. Геохронологія аульського гнейсового комплексу і проблема фундаменту зеленокам'яних поясов Українського щита / А. В. Самсонов, І. С. Пухтель, Д. З. Журавлев, І. В. Чернышев // Петрологія. – 1993. – Т. 1, № 1. – С. 29-49.
6. Геохронологія раннього докембрію Українського щита архей. / М. П. Щербак, Г. В. Артеменко, І. М. Лесная, А. Н. Пономаренко. Киев: Наукова думка, 2005. – 243 с.
7. Гранитоїди Українського щита. Петрохимия, геохимия, рудоносность [Текст] : справочник / К. Е. Есипчук, В. И. Орса, И. Б. Щербаков и др. ; отв. ред. Н. П. Щербак ; АН Украины, Ин-т геохимии, минералогии и рудообразования. - К. : Наук. думка, 1993. - 232 с.
8. Жариков В. А. Гранитообразование по амфиболитам / В. А. Жариков, Л. И. Ходоревская // Петрологія. – 2006. – № 4. – С. 319-336.
9. Захаров В. В. Геологическое строение, полезные ископаемые и геоекологическая обстановка Криворожского железорудного района : отчет о результатах ГДП 1:200 000 листов М-36-XXXIV, L-36-IV / В. В. Захаров, А. И. Гуляк, А. В. Мартинович. – К., 1998. – Книга 1.
10. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита : пояснювальна записка / К. Е. Есипчук, О. Б. Бобров, Л. М. Степанюк, М. П. Щербак. - Київ: УкрДГРІ, 2004. – 30 с.
11. Лобач-Жученко С. Б. Древние кратоны – возраст, строение, состав, геодинамика / С. Б. Лобач-Жученко // Мінералогический журнал. – 2014. – Т. 36, № 2. – С. 61-70.
12. Метатоналіти дніпропетровського комплексу та вікові етапи їх формування (геологічна позиція, склад, результати Shrimp радіології) [Текст] / О. Б. Бобров, Л. М. Степанюк, С. А. Сергеев, С. Л. Пресняков // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2008. – № 1. – С. 9-23.
13. Орса В. И. Гранито-образование в докембрии Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области / В. И. Орса. – Киев: Наукова думка, 1988. – 202 с.
14. Орса В. И. Петрологія граніто-гнейсового комплексу Середнього Придніпров'я / В. И. Орса. – Київ: Наукова думка, 1973. – 169 с.
15. Петрологія, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита / [Есипчук К. Е., Шермет Е. М., Зинченко О. В. и др.; Отв. ред. И. Б. Щербаков] ; АН УССР, Ин-т геохимии и физики минералов. - Киев : Наук. думка, 1990. - 234 с.
16. Степанюк Л. М. Час формування гранітоїдів саксанського комплексу / Л. М. Степанюк, О. Б. Бобров, В. В. Захаров // Мінеральні ресурси України. – 2010. – № 1. – С. 21-26.
17. Сукач В. В. Геолого-структурное положение, породный состав и рудоносность мезоархейских субвулканических плагіогранитоидов зеленокаменных структур Среднего Приднепровья. / В. В. Сукач // Гранитоиды: условия формирования и рудоносность : Тезисы науч. конф. – Киев: ИГМР НАН Украины, 2013. – С. 128-130.
18. Щербак Н. П. Геохронологические рубежи формирования зеленокаменных ассоциаций пород Среднеприднепровского, Карельского кратонов и зеленокаменных поясов Воронежского массива Восточно-Европейской платформы / Н. П. Щербак, Г. В. Артеменко, А. Н. Пономаренко // Мінералогический журнал. – 2009. – Т. 31, № 2. – С. 3-19.
19. Щербаков І. Б. Петрологія Українського щита / І. Б. Щербаков. Львів: ЗУКЦ, 2005. – 366 с.
20. Frost B. R. A geochemical classification for feldspathic igneous rocks / B. R. Frost, C. D. Frost // Journal of Petrology. – 2008. – V. 49. – P. 1955-1969.
21. Herzberg C. Thermal history of the earth and its petrological expression. / C. Herzberg, K. Condie, J. Korenaga // Earth and Planetary Science Letters. – 2010. – V. 292. – P. 79-88.
22. Martin H. The Archean grey gneisses and the genesis of the continental crust / H. Martin // The Archean Crustal Evolution. Developments in Precambrian Geology / K. C. Condie (Ed.). – Amsterdam: Elsevier, 1994. – P. 205-259.
23. Moya J. F. Forty years of TTG research / J. F. Moya, H. Martin // Lithos. – 2012. – V. 148. – P. 312-336.
24. Patino Douce A.E. What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origin of granitic magmas / A. E. Patino Douce // Understanding Granites. Integrating New and Classical Techniques : Special Publications / Castro A., Fernández C.

& Vigneresse J. L. (eds.). – London: Geological Society, 1999. – V. 168. – P. 55-75.

25. REE geochemistry and isotopic data of Archaean silicic volcanics and granitoids from the Pilbara Block, western Australia: implications for the early crustal evolution. / B. M. Jahn, A. Y. Glikson, J. J. Peucat, A. H. Hickman // *Geochimica et Cosmochimica Acta* – 1981. – V. 45. – P. 1633-1652.

26. Rudnick R. L. Making continental crust / R. L. Rudnick // *Nature*. – 1995. – V. 378 – P. 571-578.

27. Taylor S. R. The continental crust: its composition and evolution / S. R. Taylor, S. M. McLennan. – Oxford: Blackwell, 1985. – 312 p.

28. The generation and evolution of the continental crust. / C. J. Hawkesworth, B. Dhuime, A. B. Pietranik et al. // *Journal of the Geological Society*. – 2010. – V. 167. – P. 229-248.

References

1. Artemenko, G.V. (1998). Geochronology of Middle Dnieper, Near Azovian and Kursk granite-greenstone areas. *Extended abstract of Doctor's thesis (Geochemistry)*. Vernadsky National Library of Ukraine, Kyiv. [in Ukrainian].

2. Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Skobelev, V.M. (2008). Geology and radiological age of tonalites of the Sursk massif (Middle Dnieper area). *Scientific proceedings of UkrSGRI*, 3, 17-32. [in Ukrainian].

3. Vrevsky, A.B., Lobach-Zhuchenko, S.B., Chekulaev, V.P., Kovalenko, A.V., Arestova, N.A. (2010). Geological, petrological and isotopic-geochemical restrictions on geodynamic models of formation of Archean tonalite-throndhemite-granodiorite associations of ancient cratons. *Geotectonics*, 4, 1-19. [in Russian].

4. Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Skobelev, V.M., Dovbush, T.I. (2004). Geological and structural position and isotopic age of plagiogranites in the area of Verhovtsevo greenstone structure (Middle Dnieper). *Mineral Resources of Ukraine*, 3, 18-23. [in Ukrainian].

5. Samsonov, A.V., Puhtel, I.S., Zhuravlev, D.Z., Chernyshev, I.V. (1993). Geochronology of Aula gneissic complex and problem of the basement of greenstone belts of the Ukrainian Shield. *Petrology*, 1, 1, 29-49. [in Russian].

6. Scherbak, M. P., Artemenko, G. V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, O.N. (2005). *Geochronology of early Precambrian of the Ukrainian Shield, Archean*. Kyiv: Naukova dumka, 243 p. [in Ukrainian].

7. Yesipchuk, K.Ye., Orsa, V.I., Scherbakov, I.B. et al. (1993). *Granitoids of the Ukrainian Shield. Petrochemistry, geochemistry, ore content*. Reference book. N.P. Scherbak (Ed.). Kyiv: Naukova dumka, 232 p. [in Russian].

8. Zharikov, V.A., Hodorevsky L.I. (2006). Granite formation after amphibolites. *Petrology*, 4, 319-336. [in Russian].

9. Zaharov, V.V., Guliak, A.I., Martynjuk, A.V. (1998). *Geological structure, useful minerals and geoeconomic conditions of Krivoy Rog iron-ore area: Report on results of GDP 1:200000, Sheets M-36-XXXIV, L-36-IV*. (Vol. 1). Kyiv. [in Russian].

10. Yesipchuk, K.Ye., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Scherbak, M.P. (2004). *Correlative chronostratigraphic scheme of early Precambrian of the Ukrainian Shield (explanatory note)*. Kyiv: UkrSGRI, 30 p. [in Ukrainian].

11. Lobach-Zhuchenko, S.B. (2014). Ancient cratons - age, structure, composition, geodynamics. *Mineralogical journal*, 36, 2, 61-70. [in Russian].

12. Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Sergeev, S.A., Presnyakov, S.L. (2008). Metatonalite of Dnepropetrovsk complex and age stages of their

formation (geological position, composition, results of Shrimp radiology). *Scientific proceedings of UkrSGRI*, 1, 9-23. [in Ukrainian].

13. Orsa, V.I. (1988). *Granite formation in Precambrian of Middle Dnieper granite-greenstone area*. Kyiv: Naukova dumka, 202 p. [in Russian].

14. Orsa, V.I. (1973). *Petrology of granite-gneiss complex of the Middle Dnieper*. Kyiv: Naukova dumka, 169 p. [in Ukrainian].

15. Yesipchuk, K.Ye., Sheremet, Ye.M., Zinchenko, O.V. et al. (1990). *Petrology, geochemistry and ore content of intrusive granitoids of Ukrainian Shield*. I.B. Scherbakov (Ed.). Kyiv: Naukova dumka, 234 p. [in Russian].

16. Stepanyuk, L.M., Bobrov, O.B., Zaharov, V.V. (2010). Age of formation of granitoids of Saksagan complex. *Mineral Resources of Ukraine*, 1, 21-26. [in Ukrainian].

17. Sukach, V.V. (2013). Geological and structural position, rock composition and ore content of Mesoarchean subvolcanic plagiogranites of greenstone structures of Middle Dnieper area. *Granitoids: conditions of formation and ore content. Abstracts of scientific conference*. Kyiv: IGMOF NAS of Ukraine, 128-130. [in Russian].

18. Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Ponomarenko, A.N. (2009). Geochronological boundaries of formation of greenstone rock associations of Middle Dnieper, Karelian cratons and greenstone belts of Voronezh massif of East European platform. *Mineralogical journal*, 31, 2, 3-19. [in Russian].

19. Scherbakov, I.B. (2005). *Petrology of the Ukrainian Shield*. Lviv: ZUKC, 366 p. [in Russian].

20. Frost, B.R., Frost, C.D. (2008). A geochemical classification for felsic igneous rocks. *Journal of Petrology*, 49, 1955-1969.

21. Herzberg, C., Condie, K., Korenaga, J. (2010). Thermal history of the earth and its petrological expression. *Earth and Planetary Science Letters*, 292, 79-88.

22. Martin, H. (1994). The Archean grey gneisses and the genesis of the continental crust. *The Archean Crustal Evolution, Developments in Precambrian Geology*. K.C. Condie (Ed.). (pp. 205-259). Elsevier, Amsterdam.

23. Moyaen, J.F., Martin, H. (2012). Forty years of TTG research. *Lithos*, 148, 312-336.

24. Patino Douce, A.E. (1999). What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origin of granitic magmas. *Understanding Granites. Integrating New and Classical Techniques*. A. Castro, C. Fernández & J.L. Vigneresse (eds.) Special Publications; Geological Society. (Vol. 168, pp. 55-75). London.

25. Jahn, B.M., Glikson, A.Y., Peucat, J.J., Hickman, A.H. (1981). REE geochemistry and isotopic data of Archaean silicic volcanics and granitoids from the Pilbara Block, western Australia: implications for the early crustal evolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 1633-1652.

26. Rudnick, R.L. (1995). Making continental crust. *Nature*, 378, 571-578.

27. Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1985). *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxford, 312 p.

28. Hawkesworth, C.J., Dhuime, B., Pietranik, A.B., Cawood, P.A., Kemp, A.I.S., Storey, C.D. (2010). The generation and evolution of the continental crust. *Journal of the Geological Society*, 167, 229-248.

Надійшла до редколегії 15.01.16

V. Sukach, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher

E-mail: svital@ukr.net;

S. Kurylo, Cand. Sci. (Geol.), Research Associate

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com

Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation NAS of Ukraine

34, Acad. Palladina Ave., Kyiv – 142, 03680, Ukraine;

O. Grinchenko, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof.

E-mail: alexgrin@univ.kiev.ua

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Institute of Geology, 90, Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

TONALITE-THRONDEMITE-GRANODIORITE (TTG) ASSOCIATIONS OF THE MIDDLE DNEPER ARCHEAN CRATON

Plagiogranites comprise about 70% of whole area the Middle Dnieper craton (MDC) which is allocated within the megablock of the Ukrainian Shield (USH) of the same name. They form dome or swell-like structures situated between the set of greenstone belts (structures) of synclinal morphology. Some authors treat these plagiogranite as typical formations of tonalite-trondhemite-granodiorite (TTG) associations/series though such term did not receive wide usage among ukrainian researchers. The aim of this publication is the determination of amount and general features of TTG of associations in MDC and their comparative analysis with similar Archean formations of known cratons of the world.

On their composition, archaic plagiogranites of MDC are generally similar to TTG associations of the world. We relate plagiogranites of Dnepropetrovsk, Saksagan and Sura complexes to the TTG associations of Middle Dnieper area. Among the exceptions are hypabissal and volcanogenic rocks which comprise small massifs, subvolcanic bodies and dikes within of greenstone structures; differently migmatized supracrustal rocks of both basic and average to felsic compositions; microcline-rich varieties of plagiogranites; bifeldspar granitoids which commonly occur among plagiogranites with subtle and gradual transitions to them. Probable affinity between plagiogranites of Dnepropetrovsk, Saksagan and Sura complexes is proved by bulk chemical and mineral composition, patterns and distribution of admixture-elements and petrographic features. Possible affinity between plagiogranites of Dnepropetrovsk, Saksagan and Sura complexes is proved by total chemical and mineral composition, distribution patterns of admixture-elements and petrographic features.

By making review of published data available there is possibility to draw a conclusion, that plagiogranites are formed within the age interval of 3,1-2,9 bln years. Certain periods of activation are allocated which age limits are not still finally established. Though somewhere they show specific features of their composition and areal distribution.

The problem of identification and mapping of plagiogranite TTG associations of MDC requires their more comprehensive and complex substantiation with using both traditional and current precise analytical methods.

Keywords: Ukrainian Shield, Middle Dnieper megablock, plagiogranites, TTG association.

В. Сукач, канд. геол. наук, ст. науч. сотрудник

E-mail: svital@ukr.net;

С. Курило, канд. геол. наук, науч. сотрудник

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com

Институт геохимии, минералогии и рудообразования

Национальной Академии наук Украины

пр. Палладина, 34, г. Киев-142, 03680, Украина;

А. Гринченко, канд. геол.-минералог. наук, доц.

E-mail: alexgrin@univ.kiev.ua

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ТОНАЛИТ-ТРОНДЪЕМИТ-ГРАНОДИОРИТОВЫЕ (ТТГ) АССОЦИАЦИИ СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКОГО АРХЕЙСКОГО КРАТОНА

Плагιοгранитоиды *слагают около 70% общей площади Среднеприднепровского кратона (СПК), который выделяется в пределах одноименного мегаблока Украинского щита (УЩ). Они формируют куполовидные и валоподобные структуры, между которыми размещается целый ряд зеленокаменных поясов (структур) синклинарного строения. Некоторые авторы эти плагiorанитоиды относят к типичным образованиям тоналит-трондъемит-гранодиоритовой (ТТГ) ассоциации/серии, хотя такая терминология и не получила широкого применения среди отечественных исследователей. Целью данной публикации является установление объема и общих характеристик ТТГ ассоциаций СПК и их сравнительный анализ с подобными архейскими образованиями известных кратонов мира.*

По вещественному составу архейские плагιοгранитоиды СПК в общем подобны ТТГ ассоциациям мира. В состав ТТГ ассоциаций Среднего Приднeпровья мы относим плагιοгранитоиды днепропетровского, саксаганского и сурского комплексов, за исключением: пород гипабисального и вулканогенного облика, которые слагают небольшие массивы, субвулканические тела и дайки в пределах ЗКС; в разной мере мигматизированные супракрустальные породы как основного, так и среднего до кислого составов; микроклинизированные разновидности плагιοгранитоидов; двуполевошпатовые гранитоиды, которые часто встречаются среди плагιοгранитоидов и могут иметь нечеткие, постепенные переходы с ними. Вероятное родство плагιοгранитоидов днепропетровского, саксаганского и сурского комплексов подтверждается валовым химическим и минеральным составом, содержанием и распределением элементов-примесей и петрографическими особенностями.

По результатам анализа имеющихся литературных данных можно сделать вывод, что формирование плагιοгранитоидов происходило в возрастном интервале 3,1-2,9 млрд лет. Выделяются определенные периоды активизации, возрастные границы которых пока еще не удается окончательно установить. Хотя кое-где они имеют определенную вещественную специфичность и территориальную приуроченность.

Вопрос идентификации и картирования плагιοгранитоидов ТТГ ассоциаций СПК нуждается в более полном и комплексном обобщении как традиционными, так и современными прецизионными аналитическими методами.

Ключевые слова: Украинский щит, Среднеприднепровский мегаблок, плагιοгранитоиды, ТТГ ассоциация.