

УДК 552.33(477)

С.Г. Кривдік, Н.В. Безсмолова, О.В. Дубина

ОСОБЛИВОСТІ РЕЧОВИННОГО СКЛАДУ ПІВДЕННО-КАЛЬЧИЦЬКОГО МАСИВУ

Південно-Кальчицький масив у Східному Приазов'ї частіше відомий у літературі як сієнітовий, оскільки сієніти і кварцові сієніти переважають у ньому (65 % площі масиву), на граніти припадає 25—30 %. Значно менше тут основних порід та їхніх диференціатів: габроїдів, ферогаброїдів, рудних (апатит, ільменіт, титаномагнетит) залізистих мафітів і ультрамафітів, андезинітів. Південно-Кальчицький масив розглядають як суттєво сієнітовий аналог анортозит-рапаківігранітних плутонів. Вік масиву становить 1,8 млрд рр. Серед сієнітів масиву переважають фаяліт-геденбергітові двопольовошпатові різновиди. Унікальність Південно-Кальчицького масиву полягає в такому: практично всі його породи, у тому числі габроїди і ультрамафіти, є високозалізистими різновидами (диференціатами); проміжні монцоніт-сієнітові диференціати інтенсивно збагачені Zr, TR і Y; з лужнопольовошпатовими різновидами сієнітів пов'язано Азовське родовище багатих руд цих рідкісних металів. Припущено, що масив перспективний на відкриття інших подібних рідкіснометалевих родовищ. Незвичайні або унікальні особливості складу сієнітів і, частково, габроїдів та мафітів Південно-Кальчицького масиву зумовлені абісальними умовами їх кристалізації (за пониженої фугітивності кисню) за фенеровським або близьким до нього трендом кристалізаційного фракціонування.

Вступ. Південно-кальчицький комплекс (і однойменний масив) у Східному Приазов'ї є унікальним у петрологічному, мінералогічному і геохімічному аспектах. На даний момент, очевидно, йому немає повних аналогів, хоча подібні масиви або прояви габроїдів і сієнітів трапляються у Гренландії, а також у межах Українського щита (УЩ) [12].

Площу Південно-Кальчицького масиву різні дослідники оцінюють в межах 250—330 км² [5, 21, 22]. До південно-кальчицького комплексу слід, очевидно, відносити також граносієніти і кварцові монцоніти з фероавгітом та фаялітом, котрі розкриті свердловинами в районі с. Калініно (південно-західніше Октябрського масиву) і відслонюються по балках Валі-Тарама і Хлібодарівська. Їх описували ще Л.Ф. Айнберг (1933) і Й.А. Морозевич (1929, 1930) як діалогові граніти. Один з авторів раніше [12] звертав увагу на подібність цих гранітоїдів до фаялітових гранітів групи рапаківі. Площа їх розвитку остаточно не встановлена, можливо, вони прилягають з півночі до Південно-Кальчицького масиву.

Подібність порід Південно-Кальчицького та інших граносієніт-гранітних масивів (Кальміуського, Єланчицького) до анортозит-рапаківігранітних плутонів вперше відмітив Л.С. Кармазін (1970) [8], який припускав, що ці та інші дрібніші масиви є виступами (головами) єдиного батоліту. Названі масиви (а також Октябрський) раніше розглядали в складі так званого східно-приазовського комплексу, але пізніше [6] останній був розділений (не завжди достатньо обґрунтовано) на три комплекси — південно-кальчицький, октябрський, хлібодарівський. До перших двох були віднесені однойменні масиви, а до останнього — різноманітні породи (чарнокіти, ендербіти, граносієніти, кварцові сієніти, граніти, деякі габроїди) Хлібодарівського, Кальміуського, Єланчицького і Дубівського масивів.

Досліджуваний Південно-Кальчицький масив має багато спільних рис з анортозит-рапаківігранітними плутонами, хоча суттєво відрізняється від них. Подібність проявлена у практично однаковому наборі однотипних порід у порівнювальних інтрузивах (рудоносні габроїди, високозалізисті гранітоїди). Головні відмінності полягають у значному розповсюд-

© С.Г. Кривдік, Н.В. Безсмолова, О.В. Дубина, 2010

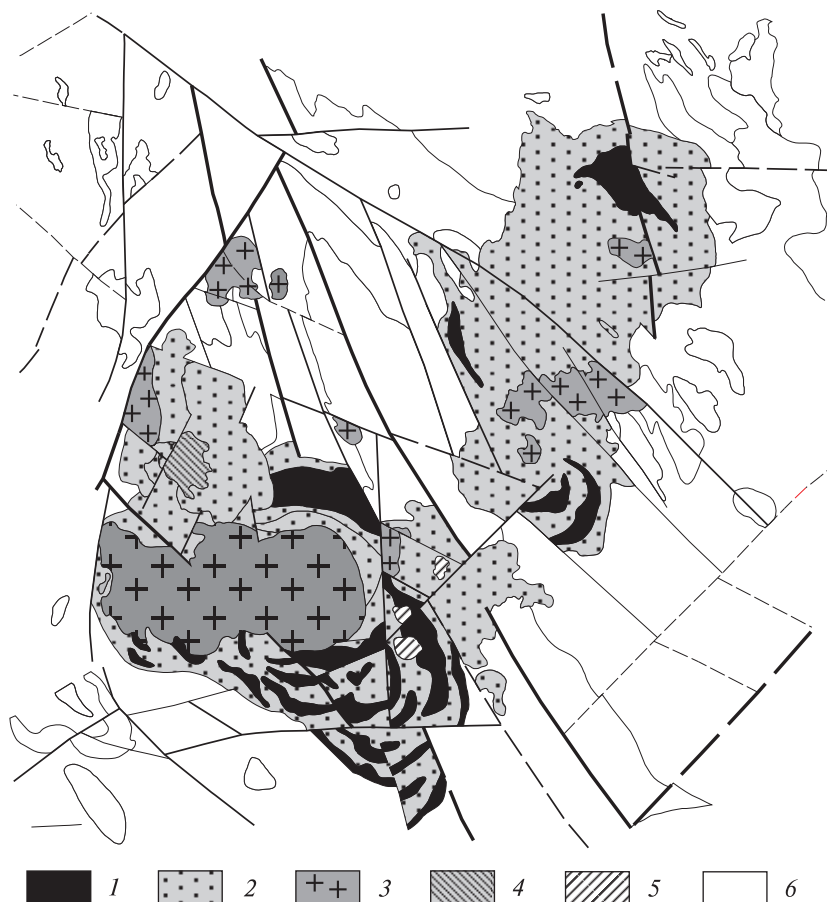


Рис. 1. Геологічна схема Південно-Кальчицького масиву. В основу покладено опубліковану схему [16] з деяким редагуванням авторів: 1 — габроїди, 2 — сієніти, 3 — граніти, 4 — диференційована інтрузія сієнітів Азовського родовища; 5 — невеликі штоки палеозойських лужних порід (Зірка-1, Зірка-2 та ін. [13]), 6 — вмисні породи (гнейси, чарнокіти, гранітоїди)

Fig. 1. Geological structure of the South-Kalchik massif. The scheme is based on the published one [16] with some authors's edition: 1 — gabbroids, 2 — syenites, 3 — granites, 4 — differentiated syenitic intrusion of the Azov deposit; 5 — small stocks of Paleozoic alkaline rocks (Zirka-1, Zirka-2 etc. [13]), 6 — country rocks (gneisses, charnockites, granitoids)

жені (більше половини площі) фаяліт-геденбергітових сієнітів у Південно-Кальчицькому масиві. З більш диференційованими лужно-польовошпатовими сієнітами цього масиву пов'язане Азовське родовище рідкісноземельно-цирконієвих руд, розглянутих іншими дослідниками [11, 15–17].

Можна вважати, що площа сієнітів у Південно-Кальчицькому масиві є не меншою, ніж загальна площа всіх лужних масивів УЩ. Враховуючи потенціальну рудоносність сієнітів Південно-Кальчицького масиву, цим породам у статті ми приділили найбільшу увагу.

Слід зважати також на те, що у Коростенському та Корсунь-Новомиргородському плутонах (типових представниках анортозит-рапаківігранітної формації) також наявні сієніти, в тому числі з рідкісноземельно-цирконієвою мінералізацією. Було висунуто припущення щодо сієнітового тренду диференціації цих плутонів [10, 12]. Поки що його доведено тільки для анортозит-рапаківігранітних плутонів УЩ. Крім цього, Південно-Кальчицький масив практично одновіковий (1,8 млрд рр.) з Коростенським

і Корсунь-Новомиргородським плутонами (1,7–1,8 млрд рр.) [3].

Головні риси геологічної будови Південно-Кальчицького масиву. Цей масив має підковоподібну форму (рис. 1) і поділений на два менших масиви — Володарський (південний) і Кременівський (північний), хоча переконливих причин для такого поділу, на нашу думку, немає. Обидва масиви складені практично одними і тими ж породами, можливі тільки відмінності в кількісному співвідношенні площ їх розвитку. Більше того, можна припустити, що одні породи (наприклад, граніти) залягають під іншими (сієнітами) або навпаки. І тільки в залежності від рівня ерозійного зрізу окремих блоків або ділянок масиву можуть розкриватися ті чи інші різновиди порід. Прикладом цього є Азовське родовище (структура), де кварцові біотитові сієніти (часто гранітного складу зі збільшенням кількості кварцу) залягають над рудоносними так званими такситовими сієнітами [11, 15, 16].

Площа Володарського масиву близько 170 км². Масив складено переважно сієнітами (близько 100 км²) і гранітами (центральна

частина). У південно-східній частині цього масиву досить значно розвинуті (потужність тіл іноді досягає перших сотень метрів) габроїди, з якими пов'язано Володарське родовище в цілому бідних апатит-ільменітових руд. Ці габроїди виділяються у вигляді субзгідних з контурами масиву, дугоподібних у плані тіл, що їх на деяких картах і в публікаціях названо монцонітами або габро-сієнітами.

У центральній, точніше — північно-західній частині Володарського масиву, залягають округлі в плані тіла гранітів і граносієнітів. Відмічено ще два округлих інтрузивних тіла гранітів у цьому масиві [6].

Жильні утворення представлені мікрогранітами, пегматитами і кварцовими сієнітами. У балці Саса-Гулах (Білосарайка) знайдено порфіровидні кварцові сієніти.

Відмічено [6], що у випадку інтрузивних контактів (часто вони тектонічні) з породами рами сієніти, габро і габронорити стають дрібнозернистими (зона закалу), а у приконтактовій частині інтрузії є ксеноліти вмісних гнейсів і кристалосланців.

Кременівський масив (північний) має площу близько 160 км² і складений практично такими ж породами, як і Володарський. Можливо, в ньому менше габроїдів (на даному ерозійному зрізі) і, здається, більше пегматоїдних сієнітів. Але габроїди можуть залягати і глибше, оскільки у Кальчицькому кар'єрі в сієнітах трапляються ксеноліти габроноритів, що охарактеризовані нижче. Слід відмітити, що ксенолітів габроїдів у цих сієнітах може бути більше, але їх важко розпізнати через темне (майже чорне) забарвлення сієнітів. Темне забарвлення можна вважати характерною особливістю сієнітів Південно-Кальчицького масиву. Крім того, часто в більш крупнозернистих сієнітах спостерігаються ксенолітоподібні виділення більш дрібнозернистих порід, через темне забарвлення подібних до габроїдів. В одних випадках їх склад виявився таким же, як склад вмісних сієнітів, в інших вони є більш меланократовими і їх слід віднести до монцонітів або монцосієнітів.

У контакті сієнітової інтрузії з породами рами відмічено зони закалу (ширина більш дрібнозернистих ендоконтактових мікрмонцосієнітів і мікросієнітів складає 50—200 м [6].

Хоча вважається, що габроїди утворилися раніше сієнітів, проте співвідношення цих порід остаточно не з'ясовано. Як видно з гео-

логічної схеми (рис. 1), габроїди (їх називають також габро-сієнітами) залягають серед сієнітів у вигляді дугоподібних тіл, що дозволяє припускати також їх пізніше вкорінення у сієніти. З іншого боку, в сієнітах явно спостерігаються ксеноліти габроїдів (габроноритів). Можливо, що в масиві наявні як більш ранні, так і пізніші щодо сієнітів габроїди. Така ж проблема співвідношення основних порід і гранітів групи рапаківі існує в Коростенському та інших подібних плутонах. Більшість дослідників вважають, що основні породи утворені раніше, ніж граніти рапаківі. Проте відомі значні за розміром інтрузивні тіла основних порід (наприклад, Звіздаль-Заліська дайка і, ймовірно, деякі невеликі інтрузії рудних габроїдів типу Давидківської або Стремигородської), які є січними до гранітів рапаківі. До того ж, за наявними геохронологічними даними [3], виділяються як більш ранні, так і пізніші по відношенню одних до других габроїди і граніти в Коростенському плутоні. Є деякі підстави вважати, що саме рудоносні габроїди можуть бути найпізнішими утвореннями в цьому плутоні. Згідно з деякими геофізичними моделями, у ньому може існувати субгоризонтальне чергування грубих шарів основних і кислих порід [14]. Можливо, таке складне розташування основних порід і гранітоїдів (сієніти, граніти) наявне й у досліджуваному Південно-Кальчицькому масиві.

Для всіх порід масиву попередні дослідники [5, 19] відмічали директивні структури (магматична листуватість).

Судячи з деяких текстурно-структурних і мінералогічних особливостей порід, можна попередньо припустити, що Володарський масив, а особливо його південна частина, дещо менш еродований, ніж Кременівський. Так, у балці Саса-Гулах (Володарський масив) біотит-амфіболові жильні (дайкові) сієніти мають порфіровидну структуру, а в Кальчицькому кар'єрі (Кременівський масив) вони більш розкристалізовані, їм властива рівномірнозерниста структура і відсутність дрібнозернистих ендоконтактових (закалочних) фацій. Для сієнітів і гранітів Володарського масиву більш характерні флюорит, бастнезит і бритоліт (в особливості на Азовському родовищі), котрі, на нашу думку, є індикаторами меншої глибини кристалізації. Є і деякі інші петролого-мінералогічні критерії на користь такого припущення щодо глибини ерозійного

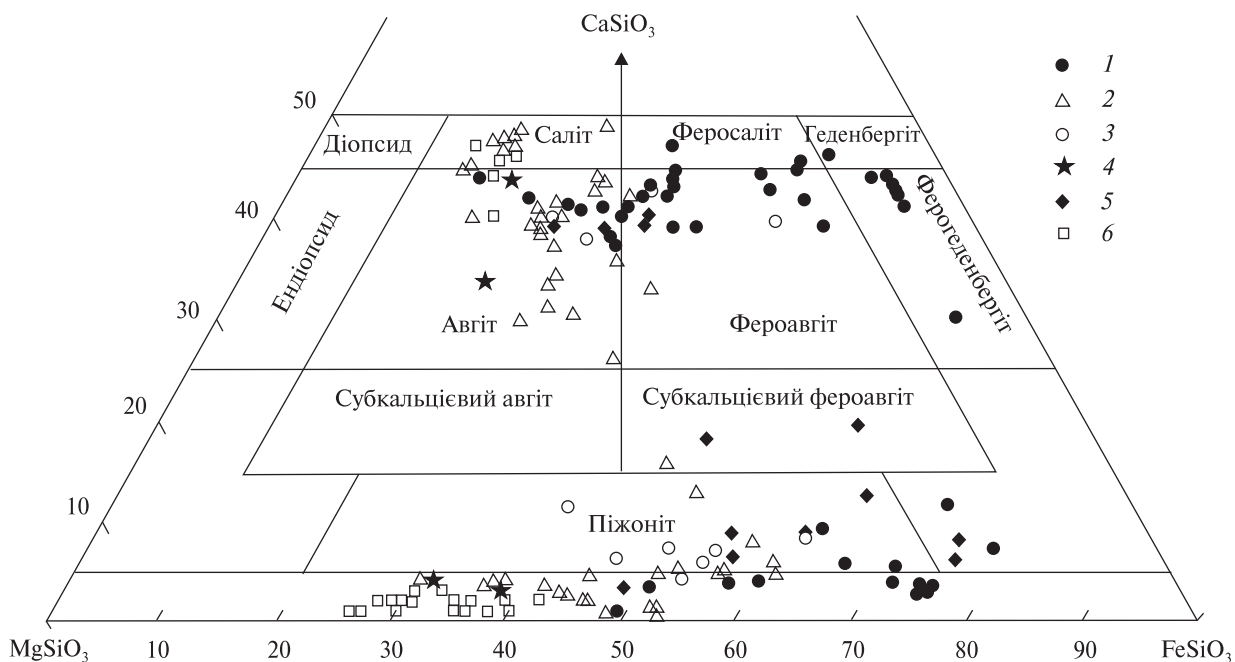


Рис. 2. Склад піроксенів із порід Південно-Кальчицького масиву (1) та деяких анортозит-рапаківігранітних плутонів Східно-Європейської платформи: Коростенського (2), Корсунь-Новомиргородського (3), Ризького (4), Салмінського (5) і Суwalkи (6). Крім авторських і опублікованих аналізів піроксенів з порід Південно-Кальчицького масиву використано неопубліковані дані В.В. Дем'яненка. Піроксени з інших плутонів подано за даними [23]

Fig. 2. Composition of pyroxenes from the South-Kalchyk massif (1) and some anorthosite rapakivigranitic plutons of the East-European platform: Korosten (2), Korsun-Novomyrgorod (3), Riga (4), Salma (5) i Suwalki (6). Besides of the authors's and published analyses of pyroxenes from the rocks of the South-Kalchyk massif the unpublished data of V.V. Demyanenko are used. Pyroxenes from the other plutons are given after [23] data

зрізу, котрі коротко розглянуті нижче. Проте ці міркування дещо не узгоджуються з геологічними даними. Так, південніше Володарського масиву відслонюються і розкриті низкою кар'єрів (Старий Крим) чарнокіти й ендербіти, тобто у південному напрямку нібито повинен заглиблюватися рівень ерозійного зрізу. Це в цілому справедливо для Східного Приазов'я. Проте в кожному конкретному випадку може мати місце блокова (розбита розломами) будова ділянок масиву з різними рівнями ерозійного зрізу окремих блоків — клавішів. Можливо, більша частина (породи якої досліджено) Кременівського масиву була припіднята відносно Володарського і в результаті більш еродована.

Особливості мінерального і хімічного складу Південно-Кальчицького масиву. Цей масив у літературі частіше згадують як сієнітовий, оскільки сієніти і кварцові сієніти у ньому переважають (65 % площі масиву), а на частку гранітів припадає 25—30 % [4]. Незначний розвиток мають основні породи та їх диференціати (мафіти, ультрамафіти). Проте ці по-

роди мають важливе петрогенетичне значення, оскільки особливості їх складу дозволяють вважати, що вони генетично пов'язані з сієнітами. Це стало підставою для розгляду [12] Південно-Кальчицького масиву в складі габро-сієнітової формації, з одного боку, і порівняння його з анортозит-рапаківігранітними плутонами — з іншого. Є всі підстави вважати, що сієніти Південно-Кальчицького масиву — диференціати основної (базальтової) магми.

Унікальність Південно-Кальчицького масиву полягає в тому, що: практично всі його породи, у тому числі основні і ультраосновні, є високозалізистими (диференційованими) різновидностями; проміжні монзоніт-сієнітові диференціати інтенсивно збагачені цирконієм, рідкісноземельними елементами та ітрієм: у лужнопольовошпатових сієнітах Азовського родовища наявні багаті руди цих рідкісних металів.

Серед сієнітів масиву переважають фаяліт-геденбергітові різновиди. В основних породах піроксен частіше представлений фероавгітом, а олівін — ферогортонолітом [5, 12, 19, 21].

Таблиця 1. Хімічний склад (мас. %) габроїдів Південно-Кальчицького масиву і вміст у них елементів-домішок (г/т)
 Table 1. Chemical composition (mass %) of gabbroids of the South-Kalchik massif and contents of impurity elements in them (ppm)

Номер з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	51,48	46,60	56,70	44,84	40,50	37,46	31,50	29,37	56,37
TiO ₂	2,38	1,14	0,32	3,40	3,96	5,52	7,22	8,05	1,48
Al ₂ O ₃	12,13	12,50	25,30	11,23	9,80	6,19	3,06	1,11	16,70
Fe ₂ O ₃	1,92	1,70	0,40	2,60	4,20	4,20	5,90	7,44	1,48
FeO	13,79	9,10	1,44	19,29	22,80	24,85	28,60	32,84	7,92
MnO	0,17	0,21	0,03	0,33	0,42	0,33	0,43	Сліди	0,03
MgO	4,40	13,40	Сліди	3,15	3,00	4,60	6,40	5,81	1,66
CaO	7,72	8,50	8,00	7,19	8,40	8,73	10,86	9,91	3,77
Na ₂ O	3,30	2,88	5,22	3,18	2,60	1,84	0,72	0,74	4,14
K ₂ O	0,62	1,28	1,20	2,12	1,60	1,50	0,45	0,40	4,00
S	0,13	0,02	Сліди	0,15	0,24	0,08	0,23	0,05	Сліди
P ₂ O ₅	0,17	0,18	0,09	1,43	1,90	2,15	2,72	2,15	0,59
CO ₂	0,67	—	0,56	0,18	—	0,57	—	0,25	0,32
F	—	0,45	—	—	0,10	—	0,10	—	—
H ₂ O ⁻	0,16	0,40	Сліди	0,10	0,20	0,18	0,20	0,24	0,25
В. п. п.	0,54	1,40	0,30	0,50	0,60	1,35	1,61	1,20	0,77
Сума	99,58	99,76	99,56	99,63	100,32	99,55	100,00	99,56	99,48
Fe/(Fe + Mg)	0,66	0,31	1,00	0,79	0,83	0,78	0,75	0,79	0,76
Na ₂ O + K ₂ O	3,92	4,16	6,42	5,30	4,20	3,34	1,17	1,14	8,14
An	36	40	47	26	31	21	39	—	29
Cr	153	—	~10	76	—	76	Сліди	53	38
Ni	78	—	3	78	3	196	"	79	79
Co	47	—	21	78	—	87	71	55	10
V	100	—	10	20	20	40	100	5	30
Sc	20	—	—	30	50	30	200	—	5
Cu	65	10	10	10	55	30	75	90	15
Zn	165	40	20	100	210	220	245	270	80
Ga	20	—	—	35	—	10	—	—	20
Pb	5	5	30	20	14	15	20	10	10
Th	—	—	—	—	—	25	—	—	—
Rb	40	20	—	30	20	6	5	15	45
Sr	300	250	1320	425	385	270	125	60	490
Y	15	15	5	49	63	39	47	51	16
Zr	115	95	205	100	85	75	80	95	70
Nb	—	4	—	30	25	10	10	15	5
Ba	166	595	1075	1810	1110	1200	435	290	4150
La	5	10	15	29	24	95	15	40	20
Ce	20	50	15	75	112	65	70	85	20

Примітка. An — розрахований номер плагіоклазу; 1 — габронорит, ксеноліт у фаяліт-геденбергітових сієнітах, Кальчицький кар'єр (пр. 88-7/2); 2 — амфіболізоване і біотитизоване габро олівін-двопіроксенове, ксеноліт (будина) в сієнітах, б. Саса-Гулах (пр. 89-1/2); 3 — андезит, там же (пр. 89-1/4); 4, 5 — мезократові олівін-авгітові габро з лужним польовим шпатом, південно-східна окраїна Південно-Кальчицького масиву, св. 276^б, гл. 54—55 м (ан. 4, пр. 95/276) і 50,4 м (ан. 5, пр. 93/276); 6 — збагачений олівіном, авгітом, ільменітом і апатитом габроїд (кумулят), там же, св. 566, гл. 102,6—110,0 м (пр. 104/506); 7, 8 — рудні "ультрабазити" (апатит-ільменіт-магнетит-клінопіроксен-олівінові кумуляти), там же, св. 566, гл. 86,5 м (ан. 7, пр. 156/278), св. 278^а, гл. 60 м (ан. 8, пр. 101/566); 9 — монцосієніт, що вміщує рудні габроїди і ультрабазити, св. 566, гл. 74—75 м (пр. 99/566). Хімічні і рентгенофлюоресцентні аналізи виконані в ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України: хіміки-аналітики — Т.І. Сатарова (ан. 4, 8, 9), А.В. Годунова (ан. 6, 7), А.В. Ренкас (ан. 1), Л.Д. Смирнова (ан. 2, 3, 5); рентгенофлюоресцентні аналізи виконано під керівництвом В.І. Ткачука і О.В. Андреева. Cr та Ni — визначені за допомогою хімічного аналізу, V й Sc — спектрального.

Основні породи виявлені переважно бурінням у Володарському масиві і представлені олівіновими ферогабро та їх диференціатами — рудними мафітами й ультрамафітами, що їх у літературі називають рудними габро [18], казанськітами [21], піроксенітами [6]. Ці породи, як і андезиніти (табл. 1), є кумулятивними утвореннями залізистої і збагаченої титаном і фосфором основної магми типу феробазальту. Очевидно, менш диференційованими похідними такої магми можуть бути лише деякі габронорити і ферогабро (табл. 1, ан. 1, 2, 4, 5). Мабуть, у масиві були або є й більш магнезійні породи, переважну частину яких було еродовано. Так, у балці Саса-Гулах серед сієнітів виявлено будиноподібні включення — ксеноліти амфіболізованого і біотитизованого олівін-двопіроксенового габро, які відрізняються досить високим вмістом магнію (13,4 % MgO). Амфібол у цій породі коричнюватобурий типу керсутиту. Трохи пониженою залізистістю характеризується габронорит із ксеноліту в фаяліт-геденбергітових сієнітах у Кальчицькому кар'єрі. Проте в ньому кліно- і ортопіроксен виявилися дещо більш залізистими, ніж в однотипних основних породах більшості анортозит-рапаківігранітних плутонів [2]. Цікаво, що сієніти і мінерали з них у балці Саса-Гулах виявилися дещо більш магнезійними (хоча всі вони досить високозалізисті), ніж такі Кальчицького кар'єру. Як згадано вище, в цій балці спостерігалися також порфіровидні жильні сієніти. Все це наводить нас на думку про те, що тут виходить на поверхню менш еродована частина Південно-Кальчицького масиву з дещо менш залізистими породами. Відзначимо ще, що згаданий вище габронорит за залізистістю подібний до основних порід Корсунь-Новомиргородського плутону, який можна вважати одним (або єдиним) із найбільш еродованих представників анортозит-рапаківігранітної формації. Загалом піроксени із порід Південно-Кальчицького масиву на діаграмі Хесса (рис. 2) займають ті ж поля, що й піроксени з анортозит-рапаківігранітних плутонів. За своєю високою залізистістю вони найбільш подібні до піроксенів з Корсунь-Новомиргородського плутону.

В цьому ж плутоні (на його південній окраїні) знаходяться фаяліт-геденбергітові сієніти, дуже подібні до таких порід Південно-Кальчицького масиву, а за вмістом рідкісних

елементів — навіть до рудних сієнітів Азовського родовища [9].

Основні породи (ферогабро і рудні мафіти та ультрамафіти) дрібно- і середньозернисті, характеризуються яскраво вираженими кумулятивними структурами. В шліфах із ферогабро видно смугасті виокремлення більш лейкократових (андезин + калішпат) і меланократових (олівін + клінопіроксен + рудні мінерали + апатит) мінералів. Крайні диференціати (кумуляти) такого поділу представлені рудними безплагіоклазовими ультрамафітами (формально за вмістом SiO₂) і андезинітами (табл. 1, ан. 3, 7, 8). Останні за структурою доволі різні: від дрібно- і середньозернистих до пегматоїдних.

Породи, названі андезинітами, за вмістом SiO₂ належать до групи середніх порід. Вони є аналогами (але більш кислими) анортозитів (лабрадоритів) в анортозит-рапаківігранітних плутонах, хоча в складі останніх нерідко трапляються і суттєво андезинові лейкократові породи (Давидківський масив на північно-східній окраїні Коростенського плутону, Корсунь-Новомиргородський плутон, зокрема в Носачівському родовищі). В західній (англомовній) літературі такі породи називають андезиновими анортозитами (сама назва вказує на їхню спорідненість з анортозитами).

Формально за вмістом SiO₂ і Na₂O + K₂O досліджувані габро, мафіти і ультрамафіти можна віднести до сублужного ряду (їх іноді називають лужними габро). В цих породах, за винятком рідкісних випадків, відсутні самостійні виділення ортопіроксену (але наявні його ексклюзивні включення в фероавгіті). Однак їх зв'язок з габроноритами і норитами, характерними породами для анортозит-рапаківігранітної формації, все ж очевидний. Крім згаданих ксенолітів габронориту і олівін-двопіроксенового габро, ортопіроксен іноді фіксується в монцосієнітах (табл. 2, 3), серед яких залягають ферогабро і рудні мафіти, а також в андезинітах (за даними В.В. Дем'яненка). Очевидно, зі збільшенням лужності розплаву в процесі його диференціації зростає роль кальцієвого піроксену (характерно для лужних порід) зі зниженням ролі ортопіроксену, який повністю зникає в сієнітах (а особливо в їхніх лужнопольовошпатових різновидах в Азовському родовищі).

Про значну диференційованість більшості розглянутих мафітів і ультрамафітів свідчать

Таблиця 2. Хімічний склад сієнітів Південно-Кальчицького масиву і вміст у них елементів-домішок, г/т

Table 2. Chemical composition of sienites of the South-Kalchyk massif and contents of impurity elements in them, ppm

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	59,90	59,70	59,30	58,30	55,82	50,47	50,43	56,00	57,94	65,30	60,36
TiO ₂	0,66	0,57	0,47	0,70	0,88	1,71	1,71	1,51	1,24	0,46	0,83
Al ₂ O ₃	18,20	16,25	16,45	16,70	14,83	11,67	11,67	14,80	15,90	14,70	14,94
Fe ₂ O ₃	2,00	2,00	1,66	1,45	1,14	2,97	2,74	2,50	1,55	1,50	1,47
FeO	5,03	5,82	5,82	6,11	11,28	17,28	17,49	10,80	8,50	5,60	6,61
MnO	0,18	0,23	0,21	0,71	0,38	0,48	0,50	0,25	0,21	0,12	0,15
MgO	0,30	0,30	0,29	0,54	0,44	0,57	0,56	1,24	1,10	0,90	1,18
CaO	3,30	3,30	2,65	3,76	4,49	6,72	6,72	4,25	3,60	2,24	2,39
Na ₂ O	4,98	4,98	4,40	4,32	4,26	3,16	3,20	4,00	4,16	3,68	3,32
K ₂ O	4,90	5,76	5,92	5,89	4,87	3,30	3,32	3,68	4,26	4,16	6,85
S	0,03	0,03	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,07	0,10	Сліди	0,10
P ₂ O ₅	0,10	0,10	0,10	0,14	0,18	0,46	0,43	0,43	0,30	0,08	0,20
CO ₂	0,41	0,29	2,16	1,05	0,63	0,36	0,37	0,21	0,14	0,45	0,84
H ₂ O	Сліди	Сліди	Сліди	0,06	0,06	0,08	0,09	0,30	0,35	0,30	0,02
В. п. п.	0,14	0,35	0,48	0,24	0,17	0,48	0,61	0,19	0,36	0,73	0,30
Сума	100,35	99,84	100,17	99,54	99,58	99,79	99,94	100,40	99,89	100,33	99,56
Na ₂ O+K ₂ O	9,88	10,74	10,32	10,21	9,13	6,46	6,52	7,68	8,42	7,84	10,17
Cu	60	55	50	50	45	—	—	70	55	30	40
Zn	90	115	70	100	230	—	—	160	135	140	125
Ga	30	35	25	30	20	—	—	15	30	25	20
Pb	—	10	—	—	—	—	—	—	—	15	20
Th	—	—	15	—	—	—	—	—	—	20	—
Rb	85	90	145	100	75	—	—	70	70	215	225
Sr	300	95	110	350	120	—	—	225	250	60	210
Y	15	25	35	35	95	—	—	45	35	90	65
Nb	55	60	70	95	90	—	—	55	50	125	175
Zr	1725	1350	1075	1550	1454	—	—	1365	1275	900	675
Ba	1302	731	705	888	803	—	—	1230	1243	669	1370
La	47	55	49	35	107	—	—	66	18	100	77
Ce	139	81	92	121	158	—	—	92	109	184	121

Примітка. 1—3 — середньозернисті (типіві) фаяліт-геденбергітові сієніти, Кальчицький кар'єр (пр. 79/16, 79/16а, 79/16г відповідно); 4, 5 — дрібнозернисті, ксенолітоподібні фаяліт-геденбергітові сієніти (ан. 4, пр. 91-1/1), що залягають серед середньозернистих фаяліт-геденбергітових сієнітів (ан. 5, пр. 91-1), там же; 6, 7 — дрібнозернисті монцосієніти, там же (пр. 89-7, 89-7/3); 8, 9 — середньозернисті фаяліт-геденбергітові сієніти, б. Саса-Гулах (пр. 88-9/1, 88-9/2); 10 — жильні порфіровидні біотит-амфіболові сієніти, там же (пр. 88-9); 11 — жильний рівномірнозернистий біотит-амфіболовий сієніт серед фаяліт-геденбергітових сієнітів, Кальчицький кар'єр (пр. 91-1/2).

петрологічні ознаки (висока залізистість порід і мінералів, зниження основності плагіоклазу), а також низький вміст таких когерентних елементів-домішок, як Sr та Ni за високої концентрації Ti, P, TR, Y, Zr (табл. 1). У апатиті з ферогабро склад TR суттєво церієвий, а в їх спектрі наявна значна європейська негативна аномалія (0,42), що вказує на істотне польовошпатове фракціонування вихідних основних розплавів.

Спеціальні дослідження (LA ICP MS) ільменітів показали специфічність цих мінералів у ферогабро і рудних мафітах із досліджуваного комплексу. Ці ільменіти характеризуються дуже низьким вмістом магнію (0,06—0,28 % MgO) і практично повною відсутністю Cr і Ni (до 2—5 г/т) за високої концентрації Zr (260—3040 г/т) і Sc (13—28 г/т) та підвищеної — Nb (70—500 г/т). Ще більше збагачений ніобієм (230—1000 г/т) ільменіт із монцосієніту, який

Таблиця 3. Хімічний склад темноколірних мінералів із порід Південно-Кальчинського масиву (авторські та опубліковані дані), мас. %
 Table 3. Chemical composition of dark-coloured minerals from rocks of the South-Katchuk massif (author's and published data), wt. %

Номер з/п	Номер зразка	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	S	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	В. п. п.	Сума	Fe/(Fe+Mg)
1	874	30,00	0,09	0,50	3,62	55,00	0,80	9,50	0,20	0,19	0,08	—	—	—	0,40	He визн.	100,38	0,77
2	963	30,20	0,18	0,06	He визн.	62,01	1,08	6,04	0,35	0,10	0,10	—	—	—	He визн.	0,31	100,43	0,85
3	964	31,27	0,10	0,09	0,52	59,20	1,13	7,39	0,49	0,10	0,05	—	—	—	"	He визн.	100,34	0,82
4	965	29,78	0,72	0,45	0,11	59,10	1,04	7,79	0,35	0,11	0,05	—	—	—	Следи	0,07	99,57	0,81
5	966	31,37	0,12	0,11	He визн.	58,63	1,07	7,80	0,91	0,05	0,05	—	—	—	0,10	He визн.	100,21	0,81
6	970	29,90	0,22	0,05	"	60,78	1,00	7,28	0,28	0,05	0,05	—	—	—	He визн.	0,25	99,86	0,82
7	971	31,30	0,25	0,12	1,01	57,77	0,96	8,21	0,42	0,05	0,05	—	—	—	0,08	0,14	100,36	0,80
8	95/276	29,74	2,28	0,45	0,34	56,60	0,92	8,44	<0,01	0,25	<0,01	—	—	—	<0,01	0,54	99,56	0,79
9	104/566	30,70	1,40	0,30	0,73	56,60	0,96	8,46	<0,01	0,30	<0,01	—	—	—	<0,01	0,50	99,95	0,79
10	99/566	29,77	0,02	0,016	—	64,01	1,01	4,35	0,02	—	—	—	—	—	—	—	99,22	0,89
11	—	30,34	0,03	—	—	65,82	1,44	2,63	0,02	—	—	—	—	—	—	—	100,27	0,93
12	—	29,91	0,03	—	—	67,04	1,68	0,74	0,08	—	0,52	—	—	—	—	—	100,00	0,98
13	—	31,42	0,30	2,69	—	63,90	0,31	0,90	0,42	—	—	—	—	—	—	—	99,64	0,98
14	874	50,30	0,50	1,24	2,14	16,00	0,42	9,90	19,26	0,40	He визн.	—	—	—	0,03	0,13	100,32	0,49
15	963	49,01	0,36	2,25	0,14	19,31	0,38	7,84	20,09	0,10	0,10	—	—	—	0,10	0,60	100,28	0,58
16	964	48,88	0,36	1,86	2,40	17,06	0,35	7,81	20,45	0,56	0,12	—	—	—	0,01	0,44	100,30	0,57
17	965	48,34	0,62	1,90	1,31	20,73	0,54	8,16	18,20	0,45	0,10	—	—	—	Следи	Следи	100,35	0,59
18	966	49,44	0,43	1,80	2,08	17,33	0,36	8,30	19,19	0,60	0,08	—	—	—	0,02	0,70	100,33	0,55
19	970	49,59	0,27	1,83	He визн.	19,82	0,40	7,85	20,07	0,10	0,10	—	—	—	He визн.	0,40	100,43	0,59
20	971	49,96	0,36	1,51	2,30	16,16	0,35	8,60	19,87	0,60	0,08	—	—	—	0,01	0,42	100,22	0,53
21	104/566	48,96	0,64	1,50	0,45	17,52	0,36	10,00	18,88	0,75	<0,01	—	—	—	<0,01	0,52	99,58	0,50
22	95/276	48,46	0,44	1,30	0,65	20,55	0,44	8,93	18,40	0,55	<0,01	—	—	—	0,52	0,50	100,22	0,57
23	156/278	48,00	0,66	2,00	1,07	17,52	0,40	10,96	18,40	0,65	<0,01	—	—	—	<0,01	0,56	100,24	0,48
24	88-7/2a	49,16	0,42	0,90	2,46	17,21	0,60	11,02	18,15	0,28	0,04	—	—	—	Следи	Следи	100,24	0,48
25	88-7/2	46,90	0,33	0,27	1,29	36,28	1,22	9,42	4,03	0,12	0,08	—	—	—	"	"	99,94	0,69
26	99/566	48,91	0,36	1,80	—	18,65	0,50	7,37	21,90	0,51	0,00	—	—	—	—	—	100,00	0,59
27	99/556	47,74	0,13	0,44	—	42,49	0,95	6,97	1,11	0,00	—	—	—	—	—	—	100,00	0,77
28	79-16a	47,42	0,48	1,22	3,34	26,00	0,74	1,48	18,38	0,60	0,08	—	—	—	He визн.	0,75	100,49	0,91

Закінчення табл. 3
The end table 3

Номер з/п	Номер зразка	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	S	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	В. п. п.	Сума	Fe/(Fe+Mg)
29	89-7	47,46	0,76	1,64	2,64	25,86	0,74	1,68	18,38	0,40	0,08	—	—	—	Не визн.	0,71	100,31	0,90
30	15	47,44	0,72	3,38	Не визн.	24,69	0,68	2,74	19,95	0,39	0,12	—	—	—	—	0,26	100,37	0,00
31	16	46,23	0,46	0,60	2,08	28,56	0,74	1,65	17,85	0,35	0,04	—	—	—	0,23	0,25	99,45	0,91
32	17	46,80	0,43	0,42	1,60	25,53	0,70	4,27	17,25	0,32	0,04	—	—	—	0,87	0,33	100,30	0,78
33	269	46,80	1,00	1,30	3,89	25,92	0,58	1,60	17,98	0,85	0,27	—	—	—	—	—	100,19	0,91
34	3	49,12	0,37	0,80	—	24,88	0,64	3,90	20,57	0,54	0,00	—	—	—	—	—	100,82	0,78
35	5	47,88	0,51	1,12	—	27,75	0,71	1,49	19,99	0,48	0,00	—	—	—	—	—	99,92	0,91
36	—	38,58	2,30	9,50	8,48	25,07	0,25	1,12	9,65	1,75	1,32	—	—	0,04	0,40	—	99,25	0,94
37	—	41,34	1,55	9,21	5,30	23,60	0,68	2,91	10,55	1,73	1,42	1,00	—	Следи	0,10	—	99,64	0,83
38	12	38,74	2,68	10,02	5,16	24,56	0,52	3,70	9,68	1,63	1,44	0,31	—	—	Следи	2,03	100,34	0,80
39	13	34,00	4,16	13,03	3,00	29,45	0,34	3,40	0,20	0,20	8,60	0,45	—	—	"	3,63	100,27	0,84
40	91 1/2	38,50	1,88	9,20	5,70	25,20	0,64	2,46	11,20	1,40	1,38	0,40	—	0,21	"	1,60	99,77	0,86
41	91 1/2	34,30	2,28	14,00	2,50	30,30	0,39	3,80	0,70	0,48	8,00	0,40	—	0,12	"	2,70	99,81	0,82
42	874	34,90	3,90	15,00	2,10	20,00	0,03	12,20	0,35	0,20	8,80	0,40	—	8,80	0,05	2,56	100,49	0,49
43	963	34,20	4,76	13,80	2,31	23,18	0,09	8,90	0,23	0,32	7,76	0,27	—	7,76	0,02	3,47	99,67	0,60
44	964	35,54	5,50	17,70	1,35	21,20	Не визн.	8,51	0,29	0,16	6,76	0,16	—	6,76	0,10	2,94	100,21	0,59
45	965	34,92	5,96	12,86	1,73	22,98	0,08	8,38	0,65	0,42	8,20	0,65	—	8,20	0,40	2,66	99,89	0,61

Примітка. 1—7 — олівини з габроїдів [20]; 8, 9 — те саме, авт.; 10 — олівин з монцостеніту; 11, 12 — фаяліти з сієнітів б. Саса-Гулах (ан. 11) і Кальчицького кар'єру (ан. 12); 13 — те саме [5]; 14—20 — клінопіроксени з габроїдів [20]; 21—23 — те саме, авт.; 24, 25 — кліно- і ортопіроксен із ксеноліту нориту, Кальчицький кар'єр; 26, 27 — феросаліт і евіліт з монцоніту (див. ан. 10); 28—33 — геденбергіти з сієнітів, за різними авторами [12]; 34, 35 — геденбергіти з сієнітів б. Саса-Гулах (ан. 34) Кальчицького кар'єру (ан. 35) [17]; 36, 37 — амфіболи з сієнітів [22]; 38, 39 — амфібол і біотит із сієнітів Кальчицького кар'єру [17]; 40, 41 — амфібол і біотит із порфіровидного сієніту Кальчицького кар'єру, авт.; 42—45 — біотити із габроїдів [20].

є вмісним для габроїдів. У менш диференційованих габроїдах (наприклад, в Ожтврьському масиві) ільменіти завжди містять більше Cr і Ni. Високий вміст Zr в ільменітах із досліджуваних габроїдів ніби є провісником геохімічної спеціалізації Південно-Кальчицького масиву, в якому відоме Азовське родовище, багате на Zr, TR і Y руди. В той же час низький вміст гематитового міналу в ільменітах із цих порід обумовлений низькою фуґтивністю кисню в процесі їх формування.

Таким чином, габроїди Південно-Кальчицького масиву утворилися за значної диференційованості вихідного основного розплаву (феробазальту) у відновних умовах. Останні можуть реалізуватися, перш за все, під час абісальної кристалізації за фенеровським (або близьким до нього) трендом фракціонування базальтової маґми. За таких умов відбувалася втрата (відсаджування) когерентних елементів (Mg, Cr, Ni) у більш ранніх диференціатах (більш маґнезіальних мафітах) і накопичення Fe, Ti, P, Zr, TR, Y — в пізніших (сієнітах).

Сієніти і монцоніти. Південно-Кальчицький масив був відомий головним чином через широкий розвиток у ньому фаяліт-ґеденберґітових сієнітів і монцонітів, а пізніше також у зв'язку з відкриттям нетрадиційного типу цирконій-рідкісноземельного зруденіння (Азовське родовище).

Хоча монцоніти і монцосієніти вважають проміжними породами між габро і сієнітами (їх часто разом з меланократовими сієнітами називають габро-сієнітами), проте між цими породами є суттєва відмінність і, можливо, розрив за складом. Коротко охарактеризовані вище габроїди Південно-Кальчицького масиву характеризуються високою залізистістю, проте між ними і монцонітами та сієнітами (монцосієнітами) породи проміжного складу трапляються вкрай рідко. При цьому наявний чіткий розрив за залізистістю темноколірних мінералів (олівін, піроксен) в цих породах. Так, у габроїдах залізистість клінопіроксену варіює в діапазоні 49—61 % [12, 20], тоді як у сієнітах і монцосієнітах — 75—95 % (частіше 89—90). Ще більш суттєвий розрив за залізистістю властивий олівіну. Нами був виявлений тільки один зразок монцосієніту (табл. 1, ан. 9), що безпосередньо контактує з габроїдами, в якому залізистість піроксену (фероавґіт) становить 59 % (майже гранична для габроїдів), а олівіну — 89 %. Проте в цьому

монцоніті був виявлений залізистий (75 %) ортопіроксен, не характерний для габроїдів. Звичайно немає ортопіроксену, за рідкісними випадками, і в сієнітах масиву. В поодиноких зразках сієнітів В.В. Дем'яненко відмічав ортопіроксен з залізистістю 82—85 % (в одному зразку сієніту з ксенолітом габроїду — 70 %). Відповідно до результатів, одержаних раніше [6], монцоніти мають обмежений розвиток.

Фаяліт-ґеденберґітові сієніти і монцосієніти Південно-Кальчицького масиву в цілому подібні до фаяліт-фероавґітових різновидів гранітів рапаківі, хоча відрізняються від них ще більшою залізистістю клінопіроксену. Клінопіроксен і олівін у кварцових монцонітах балки Валі-Тарама за складом майже повністю аналогічні таким у деяких гранітах рапаківі [12].

Причину такого розриву (типу розриву Делі) в складі габроїдів і сієнітів наразі не з'ясовано. Таке ж явище спостерігається, наприклад, у Давидківському габро-сієнітовому масиві [12]. Можливо, крім кристалізаційного фракціонування, яке спричинило високу залізистість порід і мінералів та накопичення некогерентних елементів-домішок, у формуванні кінцевих сієнітових диференціатів певну роль відіграла також ліквация розплавів (з відокремленням сієнітової фракції).

За мінеральним складом серед сієнітів, монцонітів, монцо- і граносієнітів досліджуваного масиву можна виділити такі два головні різновиди: фаяліт-ґеденберґітові і біотит-амфіболові. Схоже на те, що перші більше розповсюджені, а другі частіше збагачені кварцом. Хоча практично всі різновиди сієнітів і монцонітів містять кварц. Серед жильних (дайкових) різновидів достовірно встановлено біотит-амфіболові. В пегматоїдних кварцових сієнітах і граносієнітах темноколірні мінерали зазвичай представлені амфіболом і біотитом. Ці ж мінерали характерні і для гранітів масиву. Сильно залізистий амфібол (ґастинґситова рогова обманка) наявний і в фаяліт-ґеденберґітових сієнітах та часто заміщує ґеденберґіт. Первинний амфібол (ґастинґсит, ґастинґситова рогова обманка) властивий і для лужнополювошпатових сієнітів Азовського родовища.

Фаяліт-ґеденберґітові сієніти найчастіше представлені середньозернистими різновидами. Проте часто трапляються дрібнозернисті сієніти, що залягають серед середньозернистих як ксенолітоподібні виділення. В одних випадках вони виявилися ідентичними за хі-

мізмом і мінеральним складом з вмісними середньозернистими сієнітами (табл. 3, ан. 4, 5), в інших — більш меланократовими, а за вмістом кремнезему (50,4—50,5 % SiO_2 ; табл. 3, ан. 6, 7) їх формально слід віднести до групи основних порід. Водночас середньо- і дрібнозернисті сієніти характеризуються високою залізистістю порід і практично однаковим складом темноколірних мінералів (геденбергіт, фаяліт).

Імовірно, всі різновиди сієнітів (чи переважна більшість) розглянутого масиву є двопольовошпатовими (вміст олігоклазу зазвичай не менше 10—30 %). Безплагіоклазові лужнопольовошпатові гіперсольвусні сієніти з фаялітом, геденбергітом, ганстінгситом і анітом з'являються і стають головними і рудоносними породами на Азовському родовищі. Вважають, що первинний лужний польовий шпат у таких сієнітах був анорткласового складу (з перевагою альбітового міналу) [15]. Проте лужними сієнітами такі породи можна назвати лише умовно, оскільки в них ще не з'явилися лужні темноколірні мінерали. В геденбергіті вміст егіринового міналу досягає лише кількох відсотків. Справжні лужні різновиди сієнітів з егірином і рибекітом наявні в подібному до Азовського, але більш диференційованому Яструбецькому масиві (і однойменному родовищі багатих руд цирконію). Можливо, що в Південно-Кальчицькому масиві будуть знайдені й інші, подібні до Азовської, ділянки моно- і лужнопольовошпатових сієнітів. У всякому випадку треба мати на увазі, що поява таких сієнітів може бути прямим критерієм для пошуків рідкіснометалевих (TR, Y, Zr) руд типу азовських і яструбецьких (в Яструбецькому масиві сієніти також лужнопольовошпатові і лише в ендоконтактних менш диференційованих фаціях присутній в невеликій кількості (до 10—20 %) олігоклаз).

Характерні акцесорні мінерали фаяліт-геденбергітових сієнітів: циркон (часто його вміст становить 1 % і більше), ільменіт, апатит, ортит і чевкініт. Останні два мінерали трапляються рідше, ніж решта, але в сієнітах Азовського родовища ортит разом з бритолітом і цирконом стають породоутворювальними. Тут властивий також флюорит, присутні паризит, бастнезит і монацит (часто псевдоморфози по бритоліту).

Наявні і деякі місцеві, регіональні відмінності в складі власне клінопіроксен-фаяліто-

вих сієнітів. Так, в Кременівському масиві (Кальчицький кар'єр) і на Азовській ділянці клінопіроксен в сієнітах представлений геденбергітом, а в подібних породах балки Саса-Гулах клінопіроксен є дещо більш магnezіальним і належить до залізистого феросаліту або до приграничного феросаліт-фероавгіту (рис. 2). В цих же породах дещо більш магnezіальний фаяліт [7]. Як видно з результатів хімічних аналізів порід, у сієнітах балки Саса-Гулах трохи більше MgO (1,2 %), ніж в однотипних породах Кальчицького кар'єру і Азовського родовища (0,1—0,6 % MgO). При цьому максимальний вміст MgO , як і слід було очікувати, характерний для більш меланократових (збагачених фемічними мінералами) різновидів сієнітів. Проте склад олівину і клінопіроксену в сієнітах на тій же ділянці відбору проб загалом не залежить від меланократовості породи. Це пояснюється кумулятивною природою більш меланократових сієнітів.

Слід звернути увагу також і на те, що й габроїд із балки Саса-Гулах виявився найбільш магnezіальним (табл. 1). В даному випадку ми пояснюємо ці особливості складу меншою еродованістю ділянки балки.

Біотит-амфіболові різновиди сієнітів вивчені менше, ніж фаяліт-геденбергітові. Вони зазвичай збагачені кварцом і часто мають крупнозернисту до пегматоїдної структуру. Очевидно, це пов'язано зі збагаченням водою розплавів цих сієнітів. Проте нерідко трапляються також дрібно- і середньозернисті жильні (дайкові) аналоги біотит-амфіболових сієнітів. У Кальчицькому кар'єрі ці жильні породи доволі добре розкristалізовані (рівномірнозернисті), тоді як у балці Саса-Гулах вони мають порфіровидну структуру з вкрапленнями пертитового калішпату, зрідка — кварцу, а основна маса складена калішпатом, олігоклазом, біотитом і амфіболом. Акцесорні мінерали в них ті ж, що і в фаяліт-геденбергітових сієнітах, але зазвичай їх менше (особливо циркону).

Результати хімічних аналізів (табл. 2) амфіболу і біотиту з нашого зразка жильного біотит-амфіболового сієніту в Кальчицькому кар'єрі, а також з подібних порід з колекції В.В. Дем'яненка свідчать про досить високу залізистість цих мінералів. Такі високозалізисті амфіболи із сієнітів і гранітів Південно-Кальчицького, Новоянісольського, Кальміуського

і Єланчицького масивів були наведені в публікаціях попередніх дослідників [22], де, зокрема, було представлено результати хімічних аналізів досить магнезіальних біотитів із сієнітів Південно-Кальчицького масиву. При цьому слід відмітити, що ці магнезіальні біотити виявилися ідентичними за складом біотиту із так званих біотитових метасоматитів, які утворилися, згідно з [22], по ксенолітах вмісних силікатних порід під впливом сієнітів. Ці досить магнезіальні ($f = 52-64\%$) біотити відрізняються від біотитів габроїдів з помірно залізистістю ($f = 50-62\%$) і високозалізистих біотитів сієнітів, перш за все, низькою титанистістю — $1,0-1,7\%$ TiO_2 (у біотитах з магматичних порід масиву — $4-6\%$ TiO_2). Очевидно, ці відмінності обумовлені різними генезисом і температурними умовами кристалізації порівнюваних біотитів.

Граніти представлені амфібол-біотитовими і біотитовими різновидами. Як відмічено вище, у Володарському масиві амфібол-біотитові граніти утворюють три округлі інтрузивні тіла. Невеликі автономні тіла таких же гранітів є в інших ділянках Південно-Кальчицького масиву. Вони відслонюються на поверхні в районі урочища Сторожеве (правий берег Кальчицького водосховища). У гранітах калішпат (мікроклін-пертит) переважає над олігоклазом (№ 15), амфібол представлений високозалізистими (88%) різновидами. Акцесорні мінерали цих гранітів: апатит, циркон, магнетит, флюорит. Відзначалося, що в одній зі свердловин (№ 413) "цими гранітами прориваються сієніти" [6].

Подібні граніти описані і в Малояниському масиві. В цілому, як відмічено вище, граніти Південно-Кальчицького масиву подібні до гранітів групи рапаківі із анортозит-рапаківігранітних плутонів. Граніти менше вивчені, ніж сієніти. Це пояснюється частково тим, що вони не проявляють такої вираженої металогенічної спеціалізації на рідкісні метали, як сієніти.

Геохімічні особливості. Майже всі породи Південно-Кальчицького масиву, починаючи з габроїдів і мафітів, належать до високодиференційованих різновидів. Для ранніх порід (габроїди і мафіти) характерні інтенсивне збагачення Fe, Ti і P, частково Zr та TR, і деплетація Cr та Ni (табл. 1). Наступні монцосієніти (серія монцоніти-сієніти-кварцові сієніти) різко збагачені Zr, TR та Y за помірного

збагачення Nb. У сієнітах Південно-Кальчицького масиву вміст Zr, TR, Y досягає (або навіть перевищує) такі ж концентрації, як і в найбільш багатих цими рідкісними металами аґпайтових фельдшпатоїдних сієнітах Ловозерського та Ілімаусацького масивів [9]. У кінцевому результаті диференціація таких розплавів призводить до формування родовищ багатих руд цих рідкісних металів нетрадиційного типу (Азовське, Яструбецьке). Проте високі концентрації цих металів накопичуються лише в сієнітах і монцоніт-сієнітах. У більш пізніх гранітах, кварцових сієнітах і граносієнітах їх вміст суттєво зменшується. Судячи з двох проб (табл. 2), в біотит-амфіболових кварцових сієнітах трохи збільшується вміст Nb (до 175 г/т). Зрідка висока концентрація Nb (до 900 г/т) фіксується і в рудних лужно-польовошпатових сієнітах Азовського родовища, в якому більш пізні кварцові біотитові сієніти (іноді їх склад доходить до гранітного) значно збіднені Zr, TR і Y порівняно з сієнітами. При цьому вміст Nb в них не зменшується. Головним концентратором Nb є ільменіт. Згідно з [22], в цьому ільменіті міститься 0,85% Nb_2O_5 . Як згадано вище, в ільменіті з монцосієніту, який оточує габроїди, фіксується 230—1000 г/т Nb (визначено LA ICP MS).

Подібна картина спостерігається і в Яструбецькому масиві, де рудні концентрації Zr пов'язані тільки з лужно-польовошпатовими сієнітами (так званої головної розшарованої серії), а в більш пізніх кварцових лужних сієнітах вміст його значно зменшується. Очевидно, в подібних до Південно-Кальчицького і Яструбецького сієнітових масивах саме в проміжних лужно-польовошпатових диференціатах досягається максимальна (до рівня можливої розчинності) концентрація Zr, TR і Y, котрі в процесі подальшого кристалізаційного фракціонування розплаву (зі зниженням температури і підвищенням кремнеземистості) випадають (акумуляються) у вигляді власних кристалічних фаз (циркон, бритоїт, ортит), формуючи багаті шаруваті руди.

На загальному фоні такої диференціації в сієнітовому розплаві відбувається пониження вмісту Ti, P, Sr і Ba. Якщо в сієнітах Південно-Кальчицького масиву вміст Ba в середньому складає ~900 г/т, то у рудних такситових сієнітах Азовського родовища — всього 140 г/т; так само змінюється і вміст Sr — 180—200 і 24 г/т відповідно. Ще більш контраст-

ним є розподіл цих елементів у сієнітах Яструбецького масиву: в ендоконтактних (менш диференційованих) фаціях сієнітів вміст Ва ~520 г/т, а в розшарованій серії 20—50, Sr — 30—40 і <15—65 г/т відповідно [9].

В гранітах наступної фази і кварцових сієнітах, можливо, відбуваються подібні процеси розподілу зазначених елементів. Проте, як відмічено вище, Zr, TR і Y були екстраговані переважно попереднім розплавом сієнітового складу. В той же час вміст Sr і Ва у початковому складі інтрузивної гранітної фази знаходився на рівні або дещо нижче, ніж у сієнітах [4], а в більш пізніх диференціатах (кам'яномогильські, пержанські граніти) він різко зменшується (до 10—15 г/т) за значного збільшення вмісту Nb і помірного або підвищеного — Zr, Y.

Очевидно, що такий характер поведінки вказаних некогерентних елементів найздовільніше пояснюється механізмом кристалізаційної диференціації з інтенсивним польовошпативним фракціонуванням. Завдяки останньому ми маємо різке зниження вмісту Sr, Ва в кінцевих диференціатах окремих інтрузивних фаз, а також значні негативні європейські аномалії в спектрах TR у сієнітах і гранітах як досліджуваних Південно-Кальчицького масиву і Азовського родовища, так і інших подібних масивів та порід (яструбецькі сієніти, кам'яномогильські і пержанські граніти). Значні негативні європейські аномалії (0,41) проявлені і в апатитах габроїдів та монцосієнітах цього масиву.

Висновки. 1. Південно-Кальчицький масив має багато спільних рис з анортозит-рапаківігранітними плутонами і є істотно сієнітовим аналогом останніх. Найбільшу подібність цей масив має з Корсунь-Новомиргородським плутоном. В останньому, як і у Коростенському плутоні, сієнітовий тренд диференціації проявляється тільки частково, тоді як в Південно-Кальчицькому масиві — найбільш повно (сієніти складають 65 % його площі).

2. Переважна більшість габроїдів, сієнітів і гранітів Південно-Кальчицького масиву представлена інтенсивно диференційованими, високозалістими різновидами.

3. Фаяліт-геденбергітові сієніти характеризуються високим вмістом Zr (0,1—0,2) і підвищеним TR і Y. З лужнопольовошпативними різновидами сієнітів пов'язані багаті руди цих рідкісних металів (Азовське родовище). Зважаючи на значну площу (160—215 км²) поширення таких сієнітів, можна очікувати виявлення в межах Південно-Кальчицького масиву (або в його околицях) родовищ багатих руд Zr, TR і Y типу Азовського (для останнього вмісними породами є фаяліт-геденбергітові сієніти, характерні в цілому для масиву).

4. Відзначені унікальні особливості складу сієнітів і, частково, габроїдів Південно-Кальчицького масиву обумовлені абісальними умовами їх кристалізації (за пониженої фугітності кисню) за фенеровським або близьким до нього трендом кристалізаційного фракціонування.

Айнберг Л.Ф. Приазовский щелочной массив // Тр. Всесоюз. геол.-развед. об-ния. — 1933. — Вып. 196. — С. 48—64.

Великославинский Д.А., Буркис А.П., Богатииков О.А. и др. Анортозит-рапакивигранитная формация Восточно-Европейской платформы. — Л.: Наука, 1978. — 296 с.

Верхогляд В.М. Возрастные этапы магматизма Коростенского плутона // Геохимия и рудообразования. — 1995. — № 21. — С. 34—47.

Гранитоиды Украинского щита. Петрохимия, геохимия, рудоносность: Справ. / К.Е. Есипчук, В.И. Ораса, И.Б. Щербаков и др.; Отв. ред. Н.П. Щербак. — Киев: Наук. думка, 1993. — 228 с.

Елисеев Н.А., Кушев В.Г., Виноградов Д.П. Протерозойский интрузивный комплекс Восточного Приазовья. — М.; Л.: Наука, 1965. — 204 с.

Есипчук К.Е., Галецкий Л.С., Васильченко В.В. и др. Возрастное и формационное расчленение бывшего восточно-приазовского комплекса щелочных и субщелочных пород / АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов. — Препр. — Киев, 1992. — 57 с.

Есипчук К.Е., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др. Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита. — Киев: Наук. думка, 1990. — 236 с.

Кармазін П.С. Приазовський батоліт, його структурне і вікове положення // Геол. журн. — 1970. — № 5. — С. 137—143.

Кривдик С.Г. Редкометалльные сиениты Украинского щита // Геохимия. — 2002. — № 7. — С. 707—717.

Кривдик С.Г., Дубина О.В., Гуравський Т.В. Деякі мінералогічні та петрологічні особливості рудоносних (фосфор, титан) габроїдів анортозит-рапаківігранітних плутонів Українського щита // Мінерал. журн. — 2008. — 30, № 4. — С. 41—56.

- Кривдик С.Г., Загнітко В.М., Стрекозов С.М. та ін.* Рідкіснометалеві сієніти Українського щита : перспективи пошуків багатих руд цирконію та лантанодів // Там же. — 2000. — 22, № 1. — С. 62—72.
- Кривдик С.Г., Ткачук В.И.* Петрология щелочных пород Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1990. — 408 с.
- Кривдик С.Г., Цымбал С.Н., Раздорозный В.Ф.* Палеозойские щелочные породы Восточного Приазовья (Украинский щит) // Там же. — 2006. — 28, № 2. — С. 5—40.
- Личак И.Л.* Петрология Коростенского плутона. — Киев : Наук. думка, 1983. — 248 с.
- Мельников В.С., Возняк Д.К., Гречановская Е.Е. и др.* Азовское цирконий-редкоземельное месторождение (минералогические и генетические особенности) // Минерал. журн. — 2000. — 22, № 1. — С. 42—61.
- Прогнозирование* рудопроявлений редких элементов Украинского щита / Е.М. Шеремет, С.Г. Стрекозов, С.Г. Кривдик и др.; Под ред. С.Г. Кривдика. — Донецк : Вебер, 2007. — 220 с.
- Стрекозов С.Н., Васильченко В.В., Гурский Д.С. и др.* Геологическое строение и характер оруденения Азовского месторождения // Минер. ресурси. — 1998. — № 3. — С. 6—9.
- Тарасенко В.С., Кривонос В.П., Жиленко Л.А.* Петрология и рудоносность Южно-Кальчикского массива (Восточное Приазовье) // Геол. журн. — 1989. — № 5. — С. 78—88.
- Царовский И.Д., Кравченко Г.Л.* Будова Південно-Кальчицького сієнітового масиву (Східне Приазов'я) // Доп. АН УРСР. — 1962. — № 2. — С. 241—245.
- Царовский И.Д., Кравченко Г.Л.* Эволюция минерального состава габброидов и сиенитов Южно-Кальчикского массива (Приазовье) // Геол. журн. — 1992. — № 2. — С. 15—26.
- Царовский И.Д., Кравченко Г.Л., Демьяненко В.В.* Феррогортонолитовые казанскиты Приазовья — новый для Украины тип интрузивных пород // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1990. — № 10. — С. 29—34.
- Юрк Ю.Ю., Марченко Е.Я., Чашка А.И.* Акцессорные минералы и элементы гранитоидов докембрия Приазовья. — Киев : Наук. думка, 1973. — 159 с.
- Charlier V.* Petrogenetic of magmatic iron-titanium deposits associated with Proterozoic massif — type anorthosites. — Liege, 2007. — 165 p.

Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Надійшла 05.03.2010

РЕЗЮМЕ. Южно-Кальчикский массив (площадью 250—330 км²) в Восточном Приазовье чаще известен в литературе как сиенитовый, поскольку сиениты и кварцевые сиениты в нем преобладают (65 % площади массива), на долю гранитов приходится 25—30 %. Незначительно развиты основные породы и их дифференциаты: габброиды, феррогаббро, рудные (апатит, ильменит, титаномagnetит) железистые мафиты и ультрамафиты, андезиниты. Южно-Кальчикский массив рассмотрен как существенно сиенитовый аналог анортозит-рапакивигранитных плутонов. Возраст массива — 1,8 млрд лет. Среди сиенитов массива преобладают фаялит-hedenбергитовые двуполевошпатовые разновидности. Уникальность Южно-Кальчикского массива состоит в следующем: практически все его породы, включая габброиды и ультрамафиты — это высокожелезистые разновидности (дифференциаты); промежуточные монзонит-сиенитовые дифференциаты интенсивно обогащены Zr, TR и Y; со щелочно-полевошпатовыми разновидностями сиенитов связано Азовское месторождение богатых руд этих редких металлов. Предположено, что массив перспективен на открытие других подобных редкометалльных месторождений. Необычные или уникальные особенности состава сиенитов и, отчасти, габброидов и мафитов Южно-Кальчикского массива обусловлены абиссальными условиями их кристаллизации (при пониженной фугитивности кислорода) по феннеровскому или подобному ему тренду кристаллизационного фракционирования.

SUMMARY. South-Kalchyk massif located in the East-Peri-Azovian area is unique in petrological, mineralogical and geochemical aspects. This massif (area about 250—330 km²) is often known in the literature as syenitic one. Syenite and quartz syenite are prevailing rocks (65 % of the massif), granites make 25—30 %. Minor development have basic rocks and their differentiates: gabbroids, ferrogabbroids, ore (apatite, ilmenite, titanomagnetite) and high enriched in iron mafites and ultramafites, and andesine anorthosites. The South-Kalchyk massif has many similar features with anorthosite-rapakivigranitic plutons, but it differs significantly from them. The similarity of compared intrusive manifests in the presence of similar rocks (gabbroids and granitoids high enriched in iron). There is reason to believe that South-Kalchyk syenitic massif originates from basic (basalt) magma. The main difference consist in significant spreading (more than half of the space) of fayalite-hedenbergite syenites in South-Kalchyk massif. Age of the massif is 1.8 Ma. Among syenites of the massif fayalite-hedenbergite and two-feldspar varieties are dominating. The uniqueness of South-Kalchyk massif are as following: 1. Almost all of rocks (differentiates) including gabbroids and ultramafites are highly enriched in iron; 2. Intermediate monzonite-syenite differentiates are intensively enriched in Zr, TR and Y. The Azov deposit of rich rare-metal ores is related to alkali-feldspar syenitic varieties. It can be assumed that the South-Kalchyk massif is prospective for revelation of other similar to Azov deposit rare metal occurrences. In our opinion unusual or unique features of the syenites and partially gabbroids of South-Kalchyk massif are caused by abyssal conditions of their crystallization (by reduced oxygen fugacity) and by Fenner or similar to it trend of fraction crystallization.