

ВИСОКОТИТАНИСТІ МЕТАБАЗИТИ ТА АПОБАЗИТОВІ МЕТАСОМАТИТИ ЧЕМЕРПІЛЬСЬКОЇ СТРУКТУРИ: ПЕТРОГРАФІЧНІ ТА ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ В ПОРІВНЯННІ З МЕТАБАЗИТАМИ СЕРЕДЬНОГО ПОБУЖЖЯ

В.О. Гаценко

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,
03680, просп. Палладіна, 34, г. Київ, Україна
E-mail: Vera185@mail.ru*

У статті надано характеристику метабазитам та апобазитовим метасоматитам Середнього Побужжя з підвищеним вмістом титану ($\text{TiO}_2 > 2,5\%$), виявленим Правобережною експедицією в Чемерпільській структурі Синицівського блоку Голованівської шовної зони. Надано петрографічну, мінералогічну та геохімічну характеристику порід, та проведено їх порівняння з метабазитами інших структур Середнього Побужжя для з'ясування ступеня їхньої спорідненості. Мінеральний склад високотитанистих метабазитів Чемерполя повністю відповідає умовам амфіболітової фації, в яких вони були перетворені. У породах відсутні піроксени, що відрізняє їх від загальної маси метабазитів Середнього Побужжя. Особливостями хімічного складу метабазитів та апобазитових метасоматитів є збагаченість на FeO, TiO_2 , K_2O , P_2O_5 , збідненість на MgO, CaO, Fe_2O_3 , Ni, Cr, Co, Nb, Ga. Високотитанисті метабазити Чемерпільської структури за особливостями речовинного складу суттєво відрізняються від загальної маси метабазитів Середнього Побужжя і належать до іншої геологічної формації. Зважаючи на подібність їхнього хімічного складу до базитів аноксидит-рапаківігранітної формації, припускаємо, що високотитанисті метабазити Чемерпільської структури являють собою прояви дайкових диференційованих тіл цієї формації у Середньому Побужжі. Високий вміст Fe і підвищений Ti та низький Mg, Cr та Ni, свідчать про високий ступінь диференціації порід. Повна відсутність магнетиту в цих метабазитах та апобазитових метасоматитах вказують на утворення порід за умови низької фугітивності кисню.

Вступ. Базит-ультрабазитові комплекси Середнього Побужжя (СП) вже більш як півстоліття є об'єктом ретельного вивчення багатьох дослідників [4–6, 9, 12, 13, 15–19 та ін.]. Але, при переважному вивченні метаморфізованих ультраосновних порід, як джерела нікелю та хрому в Побузькому районі [6, 15, 17 тощо], метабазити розглядалися схематично як супутники ультрабазитів. Тому дослідження на цю тему набувають актуальності.

Формаційне розчленування базит-ультрабазитових порід СП було започатковано О.Б. Фоминим та А.Я. Каневським, які виділили дві формації: дуніт-гарцбургітову та дуніт-перидотит-габроноритову [15], пізніше О.Б. Фомін називає їх гіпербазитовою та габро-перидотитовою

[17]. Згідно з [3], базит-ультрабазитові породи СП підрозділяються на два комплекси: капітанівський хромітоносний та деренюхінський – нікеленосний. На сьогодні, згідно з Кореляційною хроностратиграфічною схемою раннього докембрію Українського щита (УЩ) (2004), їх об'єднано у капітансько-деренюхінський комплекс, який виділяється лише в межах Голованівської шовної зони.

Щодо дослідження власне метабазитів СП, то І.С. Усенко (1958, 1960) вперше показав, що вони є більш меланократовими, ніж середній базальт і молоді метабазити. На його думку, метабазити Побужжя є типовими ортопородами. І.Б. Щербаків виділяє два генетичних типи метабазитів, характерних для СП: двопіроксенові (двопіроксен-плагіоклазові) сланці (метаморфізовані ефу-

зиви) та метаморфізовані габро-норити [18, 19]. Метабазити Побужжя не мають аналогів серед молодих порід, найбільш подібні вони до толейтів. В.В. Сліпченко, застосовуючи хіміко-мінералогічну класифікацію К.О. Жук-Почекутова, виділяє 4 петрохімічних типи метабазитів СП [13]. Три типи він відносить до первинно магматичних, а четвертий – до продуктів глибокого вивітрювання основних та ультраосновних порід. Також В.В. Сліпченко зауважує, що, незважаючи на певну аналогію хімічного складу метабазитів СП з толейтовими базальтами, існують значні відмінності за вмістом заліза, титану та натрію. А.Я. Каневський, досліджуючи амфіболіти СП, робить висновки про їхнє первинно магматичне походження та виділяє амфіболіти трьох видів: магнезіальні, залізисті та кальцієві [6]. Геохімічною особливістю амфіболітів СП він вважає аномально високий вміст V в порівнянні з кларком для основних порід (у 10 разів) [14]. Досліджуючи вміст Ti та Fe в мафітах та метамафітах СП [5], у іншій статті він зазначає, що за вмістом титану ці породи подібні до платформних базальтів, особливо до "базальтової оболонки" континентів. На основі формаційного аналізу у [9] наведено нове розчленування супракрустальних та гранітоїдних утворень західної частини УЩ. Двопіроксен-плагіоклазові, роговообманково-піроксен-плагіоклазові кристалічні сланці, амфіболіти та гіперстеневі кристалосланці кінцигітової формації побужзького комплексу СП за тими чи іншими ознаками віднесено до метавулканітів основного складу. Наявність метавулканітів припускається також у формації кварцитів та високоглиноземистих порід цього комплексу. О.Б. Фомін зі співавторами виділяють серед мафіт-ультрамафітів Молдовської структури СП перидотитові та піроксенитові коматіти, які залягають серед базальтових коматітів. Дослідники відзначають наявність коматітів у інших структурах Побужжя, з якими пов'язані залізисто-кременисті породи [16]. Базальтові коматіти Молдовської структури за хімічним складом подібні до толейтових базальтоїдів. Вказано також на специфічний характер хімічного складу ультрамафітових коматітів УЩ. Вважають, що коматіти УЩ належать до ефузивної фації ранньодокембрійського протоофіолітового комплексу. У статті [22], продовжуючи розглядати коматіти, дослідники фіксують серед базит-ультрабазитових порід УЩ також толейтові базальти, які можуть бути не пов'язаними з ультрабазитами. Таким чином у СП було виділено

коматітовий комплекс [17] та, пізніше, коматіт-толейт-базальтову формацію в дністрово-бузькій та бузькій серіях [4]. Е.О. Нікуліна зі співавторами підтверджують наявність серед базит-гіпербазитів СП порід, що належать до толейтової або пікрототлейтової (з сильно проявленою феннеровською тенденцією кристалізації магми) петрохімічних серій та власне гіпербазитів офіолітового типу. На їхню думку, коматіти тут якщо й присутні, то в набагато меншій кількості, ніж вважали раніше [12]. Стверджується, що капітансько-деренюхінський комплекс порід являє собою або кореневі частини зеленокам'яних структур, або саму первісну кору особливого стилю структурованості.

Досить цікавою, на думку автора, є знахідка у Чемерпільській структурі високотитанистих метабазитів з істотно підвищеним вмістом титану, що є нетиповим для метабазитів СП. Поодинокі проби з підвищеним вмістом титану ($TiO_2 > 2$) наводилися у виробничих звітах та наукових статтях (наприклад [4, 12, 22]), але через їхню невелику кількість, окремо ці метабазити не вивчали.

Чемерпільська структура (ЧС) належить до Синицівського блоку Голованівської шовної зони. Ця структура описана М.О. Ярошук спочатку як ділянка розвитку залізних руд [20]. Пізніше, у зв'язку з виявленням у цьому районі низки золоторудних об'єктів, у тому числі і Майського родовища золота, М.О. Ярошук та О.В. Вайло дають детальний опис Чемерпільської ділянки як складової Савранського рудного поля [21]. З того часу Правобережною геологічною експедицією (В.В. Кислюк) на Чемерпільській ділянці проведено детальне буріння, в тому числі глибоких свердловин, і отримано нову інформацію щодо будови та породного складу цього геологічного об'єкту. Із всього розмаїття порід, більшість з яких зазнала суттєвих метаморфічно-метасоматичних змін, увагу автора привернули породи різного мінерального складу та рівня змінення речовини, але всіх їх поєднувала одна особливість – аномально високий, як для порід СП, вміст $TiO_2 (> 2,5 \%)$, який пояснюється суттєвим вмістом в них ільменіту (5–8 до 10 %).

За мінеральним складом це – лейкократові біотитові та гранатові амфіболіти та біотитові кристалосланці. За своїми геохімічними властивостями амфіболіти було віднесено до метабазитів, а біотитові кристалосланці – до апобазитових метасоматитів. Нажаль, незмінених базитів не виявлено. Структурно-текстурні ознаки та набір породотворювальних мінералів свідчать про переробку

первинних порід в умовах амфіболітової фації метаморфізму.

Мета цієї роботи: 1 – надати петрографічну, мінералогічну і геохімічну характеристику високотитанистих метабазитів та апобазитових метасоматитів ЧС; 2 – порівняти високотитанисті метабазити ЧС з метабазитами інших структур СП для з'ясування ступеню їхньої спорідненості; 3 – визначити формаційну приналежність високотитанистих метабазитів Чемерполя.

Методика досліджень. Мінералого-петрографічні дослідження полягали у вивченні під поляризаційним мікроскопом прозорих шліфів у наскрізному світлі та аншліфів у відбитому. Хімічний склад головних породоутворювальних мінералів вивчено за допомогою растрового електронного мікроскопа *JSM-6700F*, обладнаного енергодисперсійною системою для мікроаналізу *JED-2300* (*JEOL*, Японія), у Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР), аналітик Ю.О. Литвиненко. Хімічний склад ільменіту виміряно на рентгенівському мікроаналізаторі *JXA-5*, *JEOL* (Японія), аналітик Л.І. Канунікова. Склад порід визначений за методом силікатного аналізу у хімічній лабораторії ІГМР, аналітики О.П. Красюк, Г.В. Ренкас. Вміст мікроелементів у породах та елементів-домішок у монофракціях мінералів отримано за допомогою спектрального аналізу в спектральній лабораторії ІГМР, аналітик А.Я. Таращан.

Особливості речовинного складу порід. *Лейкократові біотитові амфіболіти* – найбільш численна та витримана за мінерально-петрографічними та геохімічними ознаками група порід. Вони розкриті глибокою свердловиною 10 (інтервал 20–234 м) у західній частині ЧС. Це смугасті, директивні, з темно- та сіро-зеленою загальною масою породи амфібол-плагіоклазового складу (власне амфіболіти) з тонкими лінійними прошарками плагіоклазового та кварц-плагіоклазового агрегату потужністю від 0,5–1 до 10 см. Амфіболіту притаманна середньо-крупнозерниста лепідо-немагогранобластова структура з елементами пойкилобластової та гломеробластової. Порода складена, %: олігоклазом (Al_{22-26}) – 40–50, залізою роговою обманкою – 25–35, анітом – 5–15, ільменітом – 6–8, іноді до 10, кварцом (до 5), апатитом (1–3), сфеном (1–2), пиритом (< 1). Детальний опис цих порід наведений у [2]. Вибірково хімічний склад порід представлено в табл. 1. На діаграмі *TAS* біотитові амфіболіти розташовуються в полі трахібазальтів на межі з

базальтами (рис. 1). Їм притаманний калієво-натрієвий тип лужності.

Гранатові амфіболіти представлені темно- та сіро-зеленими, смугастими породами із середньо- і крупнозернистою, іноді нерівномірноюзернистою загальною масою та порфіробластами рожевого альмандинового гранату. За особливостями мінерального та хімічного складу виділено такі різновиди.

Гранатові амфіболіти-1. Амфіболіти з гігантськими (1–3 см у діаметрі) порфіробластами світло-рожевого гранату, іноді неправильної форми, та мікролінзами світло-сірого кварцу. Породи зафіксовано в південній частині Чемерпільської ділянки свердловиною 35 (інтервал 20–49 м). До складу порід входять, %: світла коричнево-зелена магнезійно-глиноземиста рогова обманка (35–45), андезин (Al_{35-39}) – 30–40, альмандин ($Alm_{70-72}Gs_{15}Pyr_{9-10}Sp_4$) 5–10, ільменіт (6–8 до 10), кварц (5–15), нерівномірно розповсюджені (1–5) аніт та флогопіт. Встановлено також небагато, %: апатиту (1–2), сульфідів (1), мусковіту (розвивається по плагіоклазу), хлориту, сфену та калішпату (кожний менше 1 %). Гранатові амфіболіти 1 виділяються серед інших метабазитів ЧС підвищеним вмістом SiO_2 (табл. 1), що може бути пов'язано зі слабким окварцюванням. За хімічним складом вони належать до андезибазальтів (рис. 1) з калієво-натровим типом лужності.

Малопотужні тіла (2–5 м) гранатових амфіболітів виявлені свердловинами 10 (нижня частина розрізу, інтервал 285–290 м, далі – гранатові амфіболіти-2) та 13 (інтервал 115,1–117,2 м, північно-західна частина ЧС, далі гранатові амфіболіти-3). Від попередніх порід їх відрізняє локальне розповсюдження та наявність висококальцієвого плагіоклазу.

Гранатові амфіболіти-2 складені, %: коричнево-зеленою, безлужною, магнезійною роговою обманкою 60–65, альмандиновим гранатом ($Alm_{70}Gs_{18}Pyr_{12}$ з розміром зерен 0,5–2 мм) – 10–15, анортит-бітовнітовим плагіоклазом (Al_{77-100}) – 10–15, кварцом (7–10), ільменітом (6–8 до 10). Присутні апатит, пирит, сфен, мікроклін та вторинний мусковіт, який утворюється по плагіоклазу – 1 %. На діаграмі (рис. 1) вони потрапляють в поле базальтів нормального ряду з характерним калієвим типом лужності.

Гранатові амфіболіти-3 виділяються серед всіх високотитанистих метабазитів та апобазитових метасоматитів особливостями розподілу мікроелементів (табл. 1). Вони мають такий міне-

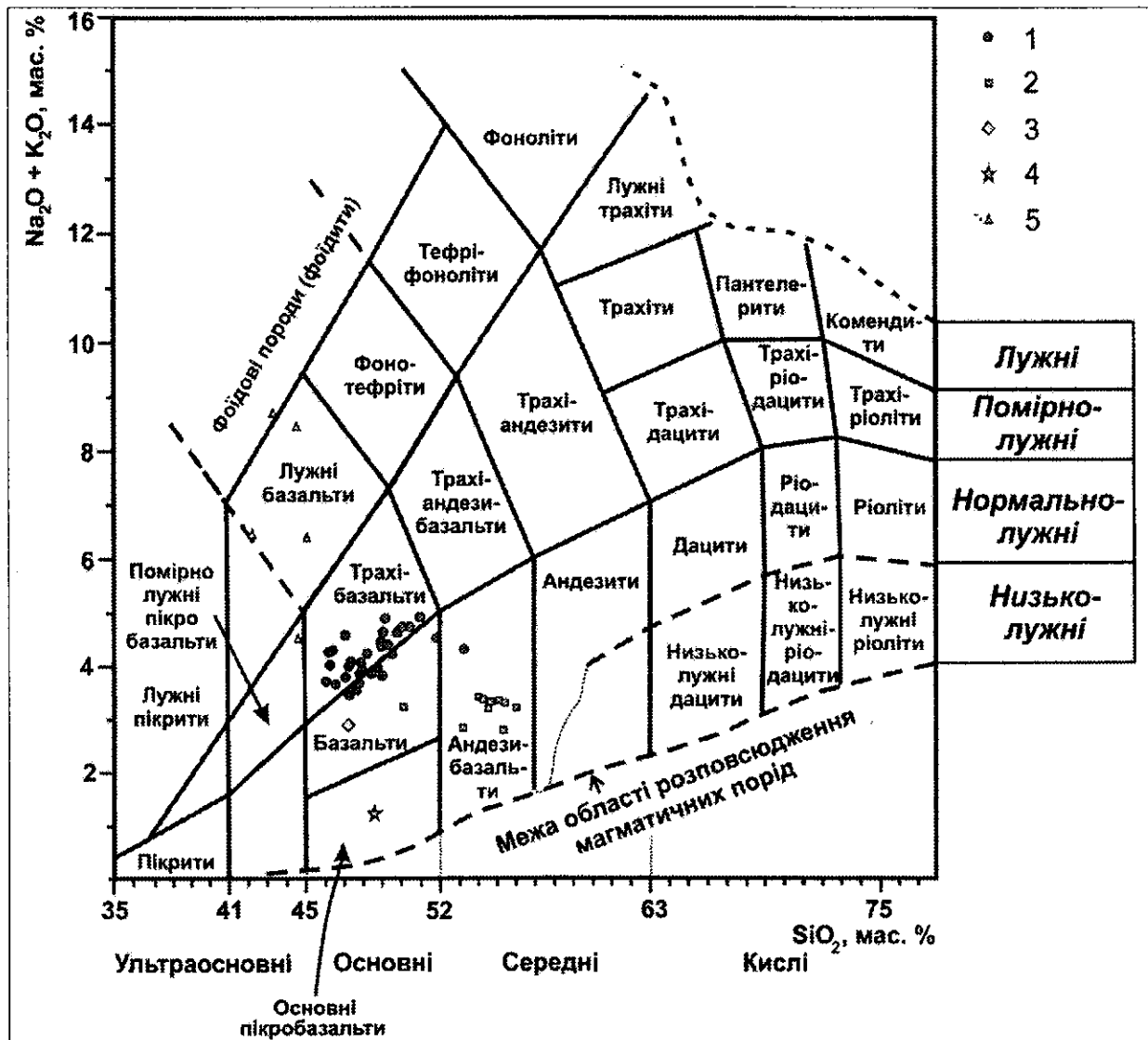


Рис. 1. Положення високотитанистих метабазитів та апобазитових метасоматитів Чемерпільської структури на TAS діаграмі: 1 – біотитові амфіболіти, 2 – гранатові амфіболіти-1, 3 – гранатові амфіболіти-2, 4 – гранатові амфіболіти-3, 5 – біотитові кристалічні сланці

ральний склад, %: алюмо-магнезіальна рогова обманка (50–55), бітовніт (Am_{75-83}) – 15–25, альмандин ($Alm_{71}Gs_{16}Py_{10}Sp_3$) – до 10, кварц (5–10), ільменіт (5–6), флогопіт (2–3). Присутні (< 1 %): апатит, пірит, халькопірит, сфен, арсенопірит та калішпат. На діаграмі *TAS* вони посідають поле основних пікробазальтів (рис. 1) та характеризуються калієвим типом лужності (табл. 1).

Для біотитових кристалосланців характерні директивні, рідше директивно-такситові текстури та лепідогранобластові, іноді порфіробластові структури. Породоутворювальними мінералами тут є, %: флогопіт (70–80), анортит (An_{100}) – 10–12; другорядними – ільменіт (6–10), кварц (3–7), калішпат (> 1). У поодиноких зернах зафіксовано: альбіт (Ab_{100}), андезин (An_{38}), олігоклаз (Ol_{17}). Породи збагачені апатитом (0,5–1,6 %), в невели-

кій кількості (> 1) присутні сульфіди. Це найбільш змінена група порід, неоднорідна за хімічним складом. Для деяких проб характерний найвищий серед порід ЧС вміст TiO_2 до 4,85% (табл. 1). Біотитові кристалосланці на діаграмі потрапляють у поля лужних базальтів з поодинокими пробами помірнолужних пікробазальтів (рис. 1). Їм притаманний калієвий тип лужності.

Особливості розподілу мікроелементів відображено на рис. 2. Високотитанисті метабазити та апобазитові метасоматити ЧС виділяються серед метабазитів СП, зокрема [3, 5, 6, 15–19], та серед базитових порід взагалі [14], аномально низьким вмістом нікелю, кобальту, і, особливо, хрому (табл. 1). Тоді як І.Б. Шербаков наводить середній вміст Ni у кристалосланцях та габроїдах СП відповідно 120 і 306 г/т, Cr 396 та 1130 [18, 19], майже

Таблиця 1. Хімічний склад високотитанистих амфіболітів та біотитових кристалосланців Чемерпільської

Номер аналізу	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Номер проби	10-25,6	10-35,5	10-65	10-78	10-67,4	10-86	10-85,2	10-104,1	10-117,1	10-131,7	10-167,1	10-181,1	10-225,5	10-232,0
Порода	Лейкократовий біотитовий амфіболіт													
SiO ₂	47.28	48.93	48.97	53.27	49.47	50.02	48.45	48.22	47.89	47.61	49.79	49.03	47.08	47.29
TiO ₂	3.96	3.29	3.73	3.73	3.24	4.09	3.52	4.09	2.79	4.75	4.09	4.09	3.56	3.51
Al ₂ O ₃	14.01	13.75	13.36	11.99	13.32	12.89	13.93	13.98	13.58	12.07	14.8	12.89	14.02	15.07
Fe ₂ O ₃	1.65	1.55	1.11	1.01	3.52	0.65	2.21	2.71	2.83	1.3	1.27	1.22	3.24	1.46
FeO	13.28	12.97	13.39	11.92	12.3	13.02	12.94	12.01	13.59	14.54	11.81	12.96	12.01	12.87
MnO	0.38	0.38	0.18	0.15	0.23	0.2	0.17	0.2	0.11	0.42	0.38	0.34	0.19	0.12
MgO	4.45	4.16	4.32	3.76	4.26	3.83	4.37	4.46	4.62	4.86	3.26	3.95	5.02	4.38
CaO	8.73	7.9	7.91	6.61	7.41	7.85	7.88	7.54	7.96	8.73	7.43	7.85	8.27	9.21
Na ₂ O	2.82	3.16	3.26	3.1	2.86	3.42	2.85	3.3	3.03	2.82	3.16	3.16	3.05	2.5
K ₂ O	1.18	1.26	1.1	1.2	1.35	1.29	1	0.91	1	0.72	1.44	1.46	1.5	0.95
P ₂ O ₅	0.34	0.33	0.43	0.53	0.61	0.49	0.57	0.51	0.31	0.37	0.4	0.49	0.33	0.31
S	0.08	0.22	0	0	0.14	0	0.1	0.06	0.23	0.04	0.04	0.11	0.01	0.28
H ₂ O	0.18	0.22	0	0.04	0.08	0.02	0	0.16	0.08	0.15	0.27	0.21	0.04	0.1
В. п. п.	1.69	1.52	1.79	2.22	1.57	1.94	1.65	1.49	1.59	1.49	1.81	1.88	1.68	1.7
сума	100.03	99.64	99.55	99.53	100.36	99.71	99.64	99.64	99.61	99.87	99.95	99.64	100	99.75
F	0.77	0.78	0.77	0.77	0.79	0.78	0.78	0.77	0.78	0.77	0.8	0.78	0.75	0.77
Fo	0.11	0.11	0.08	0.08	0.22	0.05	0.15	0.18	0.17	0.08	0.1	0.09	0.21	0.1
al	0.72	0.74	0.71	0.72	0.66	0.74	0.71	0.73	0.65	0.58	0.91	0.71	0.69	0.81
Глиноземистість	низька										помірна		низька	
Na ₂ O+K ₂ O	4	4.4	4.4	4.3	4.2	4.7	3.9	4.2	4	3.5	4.6	4.6	4.6	3.5
Na ₂ O/K ₂ O	2.39	2.51	2.96	2.58	2.12	2.65	2.85	3.63	3.03	3.92	2.19	2.16	2.03	2.63
Тип лужності	калієво-натрієвий													
Ni	60	60	20	30	8	30	10	20	30	30	20	8	50	30
Co	40	30	8	6	2	10	10	10	10	10	20	8	40	30
Cr	6	3	10	10	8	6	3	10	6	6	3	3	5	3
V	450	400	300	200	400	200	200	350	250	350	250	200	400	350
Sc	100	80	20	50	30	30	30	80	60	50	80	60	50	40
Cu	200	250	60	80	50	60	10	100	350	250	250	200	300	300
Nb	4	4	8	8	2	6	4	10	10	10	3	3	8	8
Zr	500	500	100	100	100	100	100	400	600	500	400	400	400	400
Sr	2000	2500	1000	1000	1000	3000	1000	2000	2000	1000	2000	2500	2500	4000
Ba	400	300	400	400	1000	300	1000	300	300	200	300	400	500	300
Sr/Ba	5	8.33	2.5	2.5	1	10	1	6.67	6.67	5	6.67	6.25	5	13.33
Ni/Co	1.5	2	2.5	5	4	3	1	2	3	3	1	1	1.25	1
Ni/Cr	10	20	2	3	1	5	3.33	2	5	5	6.67	2.67	10	10

Примітка. Силікатний аналіз виконали аналітики: 1-4, 6, 10-12 – Г.В. Ренкас, 5, 7-9, 13-31 – О.П. Красюк; спектральний-

в усіх групах метабазитів та в апобазитових метасоматитах вміст нікелю коливається в межах 8–60, а хрому – 3–10 до 20 г/т, що в кілька разів нижче за кларк для основних порід [14], а кобальту 2–20, до 40 г/т в поодиноких пробах, за кларкового вмісту 47 г/т. Відношення Ni/Co і Ni/Cr в метабазитах та апобазитових метасоматитах Чемерполя коливаються в межах 1–15 та 1–20 відповідно. Винятком є гранатові амфіболіти-3, у яких за підвищеного вмісту титану вміст Ni, Cr та Co суттєво перевищує кларковий для основних порід (табл. 1).

Дефіцит Ni, Cr та Co в досліджуваних породах пояснюється відсутністю мінералів-носіїв цих елементів: олівіну, хромшпінелідів, сульфідів нікелю, хроміту, магнетиту, тобто мінералів, які забезпечують підвищений вміст Cr та Ni в базит-ультрабазитових породах капітанівсько-деренюхінського комплексу СП. Головним рудним мінералом у високотитанистих метабазитах є ільменіт. Вміст хрому та нікелю в ньому нижчий від чутливості приладу (рентгенівський мікроаналізатор JXA-5, GEOL). Вміст Ni та Cr в амфіболі та біотиті, що складають породи, низький (рогова обманка:

структури (мас. %) і вміст у них елементів-домішок (г/т)

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
35-41,4	35-43,2	35-45,0	35-45,1	35-45,2	35-47,2	35-47,5	35-48,2	35-48,7	35-48,8	10-287,5	13-115,7	48-124	48-124,1	48-125,2	48-133	48-134	
Гранатовий амфіболіт-1										Гранатовий амфіболіт-2	Гранатовий амфіболіт-3	Біотитовий кристалосланець					
54.55	56.01	53.22	55.34	55.11	54.68	54.04	55.43	50.13	54.25	48.61	47.23	44.63	44.5	43.32	42.23	45.07	
3.75	3.18	3.9	3.02	3.36	3.39	3.34	3.17	3.82	3.35	3.86	2.62	3.02	4.79	4.85	3.21	2.71	
13.73	13.91	13.97	13.53	14.61	13.36	13.59	13.54	14.07	13.57	13.11	13.06	13.55	14.89	16.36	15.24	14.79	
1.33	0.58	0.93	0.63	0.56	0.66	0.68	0.63	0.76	0.68	1.35	1.66	2.7	1	0.71	3.95	2.57	
11.72	9.84	12.01	10.79	9.51	11.18	11.66	10.75	13	11.54	16.01	16.16	15.23	15.16	15.68	13.37	13.16	
0.18	0.09	0.22	0.19	0.11	0.14	0.17	0.16	0.23	0.16	0.28	0.1	0.29	0.1	0.11	0.19	0.19	
3.25	3.91	3.51	3.7	4.08	4.07	4.1	4.06	4.73	4.01	4.65	6.65	8.35	4.6	4.71	10.05	9.85	
5.74	7.04	6.43	6.87	7.1	7.11	6.99	6.86	8.07	7.07	7.81	6.98	5.01	2.1	2.38	2.03	1.86	
1.8	2.19	1.8	2.13	2.36	2.13	2.09	2.09	2.2	2.05	0.55	1.25	0.4	1.62	1.96	0.7	0.75	
1.4	1.01	1.05	0.67	0.98	1.19	1.34	1.21	1.03	1.32	0.7	1.65	4.1	6.81	6.71	5.73	5.62	
0.64	0.73	0.67	0.74	0.69	0.74	0.78	0.76	0.49	0.78	0.57	0.34	0.23	0.78	0.79	0.29	0.28	
0.2	0.28	0.22	0.85	0.16	0.17	0.19	0.15	0.18	0.17	0.26	0.39	0.38	0.18	0.01	0.04	0.16	
0.02	0.16	0	0.13	0.16	0.14	0.17	0.32	0.15	0.14	0.02	0.11	0.03	0.51	0.36	0.05	0.12	
1.92	0.65	1.69	1.01	0.81	0.64	0.44	0.46	0.73	0.51	2.58	2.47	2.32	2.54	1.64	2.53	2.73	
100.23	99.58	99.62	99.6	99.6	99.6	99.58	99.59	99.59	99.6	100.36	100.67	100.24	99.59	99.6	99.61	99.86	
0.8	0.73	0.79	0.76	0.71	0.74	0.75	0.74	0.74	0.75	0.79	0.73	0.68	0.78	0.78	0.63	0.61	
0.1	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.09	0.15	0.06	0.04	0.23	0.16	
0.84	0.97	0.85	0.89	1.03	0.84	0.83	0.88	0.76	0.84	0.6	0.53	0.52	0.72	0.78	0.56	0.58	
помірна				висока		помірна				низька				помірна		низька	
3.2	3.2	2.9	2.8	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.4	1.3	2.9	4.5	8.4	8.7	6.4	6.4	
1.29	2.17	1.71	3.18	2.41	1.79	1.56	1.73	2.14	1.55	0.79	0.76	0.1	0.24	0.29	0.12	0.13	
калієво-натрієвий										калієвий							
10	10	10	25	20	8	20	10	50	10	80	300	20	15	10	60	40	
10	8	20	8	15	8	20	10	20	10	20	50	6	8	6	20	10	
5	6	4	6	5	5	5	4	10	6	10	300	10	5	5	10	20	
80	80	60	80	80	60	100	80	100	80	150	600	300	250	200	250	200	
10	30	20	10	10	50	20	20	30	20	40	80	20	6	2	30	10	
50	30	30	50	20	10	20	10	20	20	10	300	600	30	20	60	100	
4	8	4	6	3	4	3	6	4	5	10	4	5	8	8	8	5	
80	200	80	100	80	80	60	100	100	100	300	100	60	40	40	80	60	
3000	8000	2000	1500	5000	2000	3000	2000	2000	1000	400	800	0	0	0	0	0	
1000	600	1000	1000	600	500	1000	800	500	1000	200	400	400	600	500	400	400	
3	13.33	2	1.5	8.33	4	3	2.5	4	1	2	2	0	0	0	0	0	
1	1.25	0.5	3.13	1.33	1	1	1	2.5	1	4	6	3.33	1.88	1.67	3	4	
2	1.67	2.5	4.17	4	1.6	4	2.5	5	1.67	8	1	2	3	2	6	2	

аналітик А.Я. Таращан. Група лейкократових біотитових амфіболітів представлена вибірково.

Ni – 6–30, Cr – 2–10 г/т, біотит: 10–30 та 4–6 г/т відповідно). Щодо гранатових амфіболітів-3, підвищений вміст Ni, Cr та Co у породі пояснюється не стільки дещо вищим вмістом цих елементів у породоутворювальній роговій обманці (40, 200 та 20 г/т відповідно) та в другорядному флогопіті (200, 200 та 20 г/т відповідно), а наявністю в породах мікрокількості арсенатів Co та Ni.

Занижена кількість хрому та нікелю для первинних основних порід – явище досить малопоширене. Воно незвичайне для метабазитів СП, але не унікальне для основних порід взагалі. Подібна

тенденція встановлена у базитах анортозит-рапаківгранітної формації [1, 7, 8, 10, 11]. Високий вміст Fe та підвищений Ti одночасно з аномально низьким вмістом Cr та Ni свідчать про високий ступінь диференціації порід.

Вміст ванадію у біотитових амфіболітах та кристалосланцях дещо перевищує кларковий [14] (200–300 та 200–400 г/т), а у гранатових амфіболітах-3 – перевищує в три рази. Але це набагато нижче, ніж десятикратне перевищення, властиве для амфіболітів СП [6]. У гранатових амфіболітах 1 і 2 вміст V в 1,5–2 рази нижчий за кларк для

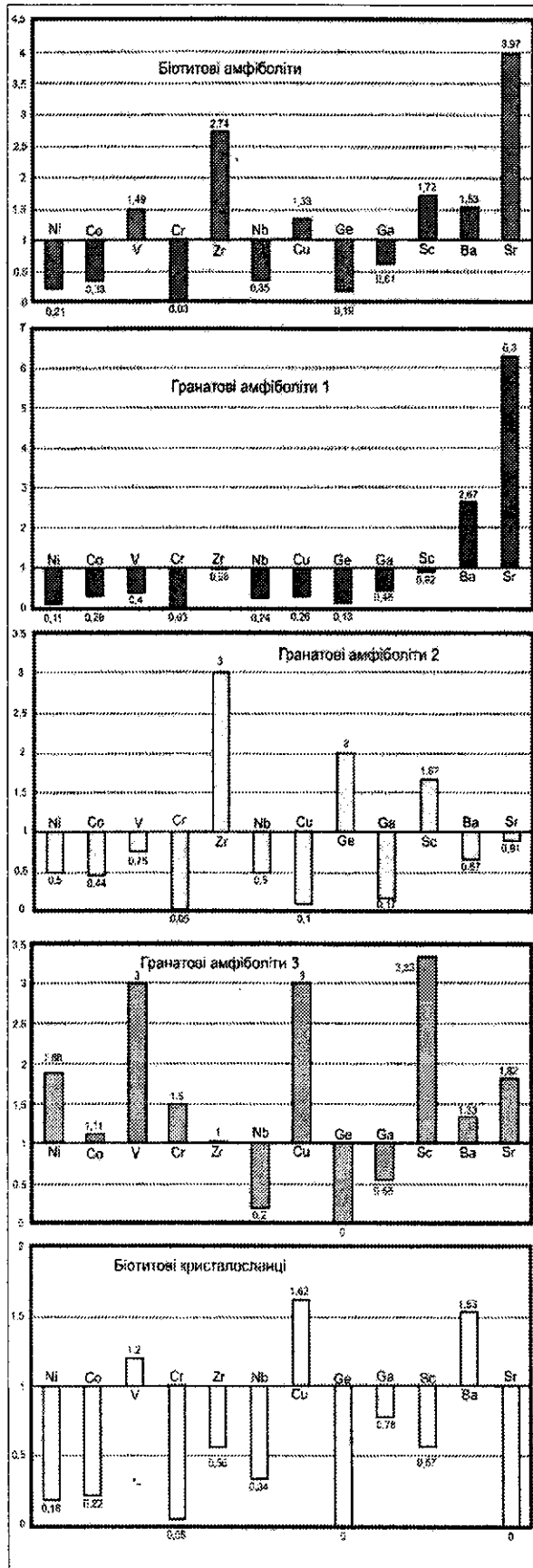


Рис. 2. Особливості розподілу мікроелементів високотитанистих метабазитів та апобазитових метасоматитів Чемерпільської структури. Вміст мікроелементів нормовано до середнього для основних порід, за О.П. Виноградовим [14]

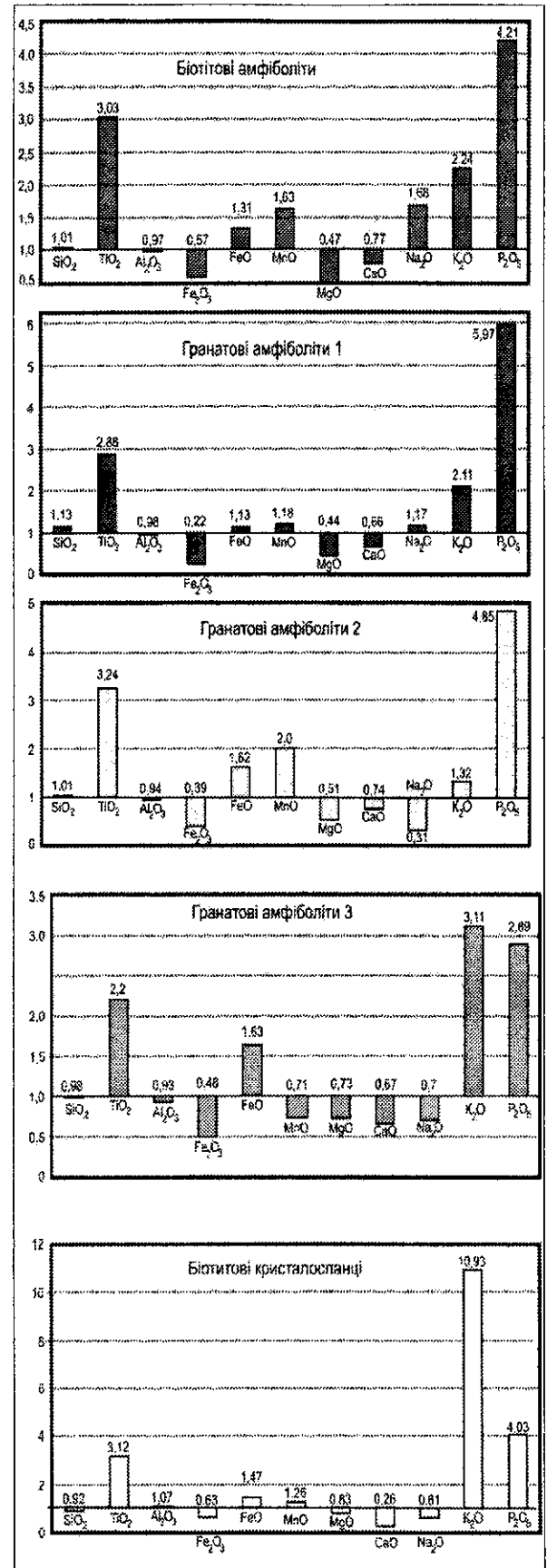


Рис. 3. Вміст петrogenних компонентів високотитанистих метабазитів та апобазитових метасоматитів Чемерпільської структури, нормований до середнього складу метабазитів Середнього Побужжя, за І.Б. Щербаковим [19]

основних порід (60–100 та 150 г/т). Це пояснюється тим, що головним джерелом V у породах є нільменіт, а біотит та амфібол. Гранатові амфіболіти містять небагато біотиту (2–10 %), до того ж, у флогопіті V приблизно вдвічі менше, ніж в аніті (250–300 та 500–600 г/т відповідно).

Геохімія некогерентних елементів метабазитів характеризується такими особливостями: відзначається підвищений чи рівний кларковому вмісту цирконію, скандію та ітрію, а також вдвічі нижчий за кларковий вміст ніобію в усіх високотитанистих метабазитах. Зафіксовано підвищений вміст Ва та Sr (крім гранатових амфіболітів-2), що пов'язується з наявністю високобарієвого плагіоклазу (Ва в плагіоклазі 0,5–1 %). У гранатових амфіболітах-2 плагіоклазу менше, ніж в інших метабазитах. Значення Sr/Ba відношення варіює від 1 до 13. У біотитових амфіболітах, гранатових амфіболітах-3, а також у біотитових кристалосланцях спостерігається підвищений вміст міді, що пов'язано з наявністю халькопіриту. І.Б. Щербаков відмічав, що метабазитам СП як гранулітовим базитам властивий низький вміст Cu та Sr [19].

Біотитовим кристалосланцям властивий низький вміст Zr, Sc, Y, Nb, Ga, вміст Sr нижчий від чутливості приладу.

Головними мінералогічними відмінностями метабазитів ЧС від метабазитів СП є:

- відсутність у складі порід модальних піроксенів та магнетиту,
- підвищений вміст ільменіту (5–8 до 10 %) та апатиту (0,5–1,6 %),
- для найбільш численного та найменш зміненого різновиду високотитанистих порід – біотитових амфіболітів – характерні залізисті фемічні мінерали – залізиста рогова обманка, аніт та кислий плагіоклаз – олігоклаз. Основній масі метабазитів СП притаманні більш магнезійні темноколірні мінерали та плагіоклаз андезин-лабрадорового складу An_{45-55} [4, 18, 19], але дослідники відмічають розкислення цього мінералу до олігоклазу в амфіболітах [4, 18].

Особливості розподілу петрогенних компонентів у порівнянні з метабазитами СП. Окрім підвищеного вмісту TiO_2 , метабазити та апобазитові метасоматити ЧС відрізняються від метабазитів СП значно вищим вмістом K_2O та P_2O_5 , суттєво нижчим – MgO , CaO , Fe_2O_3 (рис. 3). З цим пов'язана висока залізистість високотитанистих порід Чемерполя (0,71–0,81 – метабазити, 0,61–0,78 – апобазитові метасоматити, 0,49 – середня для метабазитів СП [19]).

Таблиця 2. Порівняння петрохімічних коефіцієнтів (за класифікацією М.П. Семененка) високотитанистих амфіболітів та кристалосланців Чемерпільської структури і піроксен-плагіоклазових кристалосланців та амфіболітів (метавулканітів коматіт-толейт-базальтової формації неоархею) Середнього Побужжя за [4]

Породи	F	C	M	A
Біотитові амфіболіти	36–44	17–22	8–11	28–37
Гранатові амфіболіти-1	29–39	15–20	9–11	34–40
Гранатові амфіболіти-2	42	18	11	30
Гранатові амфіболіти-3	42	15	14	28
Біотитові кристалосланці	41–44	4–21	5–22	31–40
Піроксен-плагіоклазові кристалосланці та амфіболіти [4]	17–35	18–29	17–35	20–40

Автором проведено порівняння петрохімічних коефіцієнтів за класифікацією метаморфічних порід М.П. Семененка (Железисто-кремнистые формации Украинского щита, 1978) для високотитанистих метабазитів і апобазитових метасоматитів ЧС з метавулканітами коматіт-толейт-базальтової формації неоархею Середнього Побужжя [4] (табл. 2). Високотитанисті породи ЧС відрізняються від метавулканітів СП за коефіцієнтами F, M та C. На петрохімічній діаграмі М.П. Семененка метабазити ЧС потрапляють в групу IX – лужноземельно-глиноземистих порід орторяду (рис. 4), метавулканіти СП також віднесені до лужноземельно-глиноземистого ряду. Апобазитові метасоматити ЧС належать до групи V – глиноземисто-магнезійно-залізисто-кремністих порід.

Для порівняння петрохімічних особливостей метабазитів ЧС з метабазитами СП автором запозичена АFM діаграма із монографії [4] для метавулканітів надрудної товщі ($MgO > 9$), які просторово асоціюють з залізисто-кремністими породами (рис. 5) для різних структур СП (чорні точки), на яку було винесено дані щодо метабазитів ЧС. Метабазити надрудної товщі просторово тяжіють до контуру V – комплексу онвервахт та океанічних толейтових базальтів. Високотитанисті метабазити Чемерполя утворюють незалежний контур (пунктирний овал), зсунутий відносно поля толейтових базальтів у лужний бік діаграми. Окремі точки метавулканітів потрапляють у контур, утворений метабазитами ЧС, що свідчить про хімічну

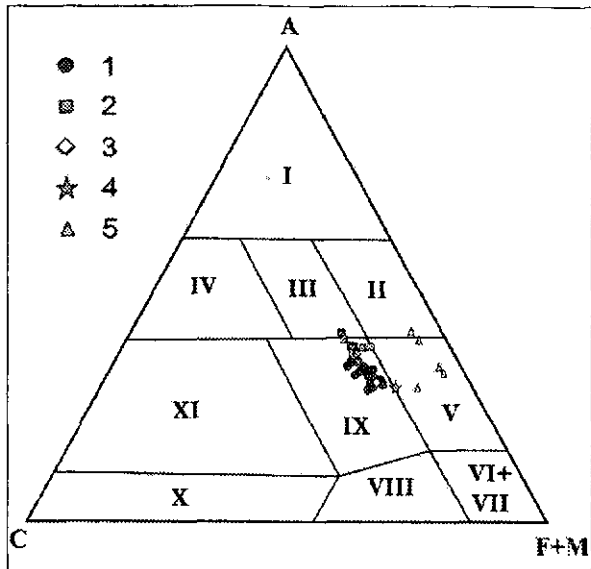


Рис. 4. Положення високотитанистих метабазитів та апобазитових метасоматитів Чемерпільської структури на діаграмі М.П. Семененка: 1 – біотитові амфіболіти, 2 – гранатові амфіболіти-1, 3 – гранатові амфіболіти-2, 4 – гранатові амфіболіти-3, 5 – біотитові кристалосланці

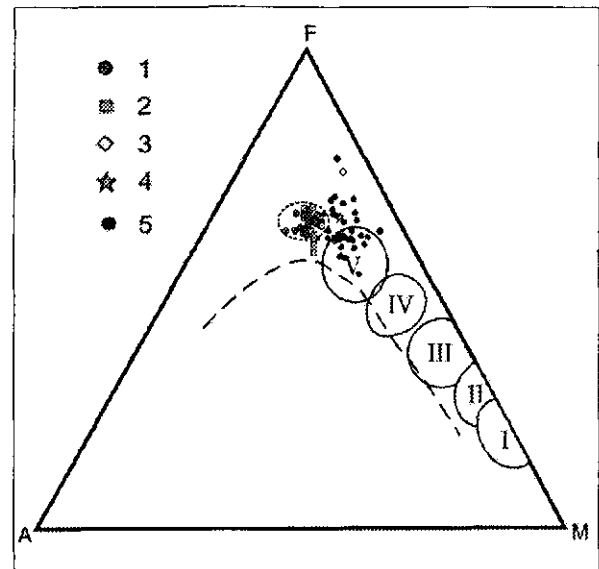


Рис. 5. Діаграма AFM для вулканітів коматіт-толеїт-базальтової формації бузької серії (за [4] з винесеними точками метабазитів Чемерпільської структури: 1 – біотитові амфіболіти, 2 – гранатові амфіболіти-1, 3 – гранатові амфіболіти-2, 4 – гранатові амфіболіти-3, 5 – кристалосланці та амфіболіти надрудної товщі (вміст MgO > 9%) [4]

спорідненість цих порід, принаймні співвідношення вмісту заліза, магнію та лугів. На "коматіт-толеїт" діаграмі $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ переважна частина метабазитів Чемерполя зсунута відносно контуру толеїтових базальтів у бік ребра $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$, тоді як метавулканіти СП повністю потрапляють в цей контур. Високотитанисті метабазити ЧС за своїми хімічними характеристиками значно відрізняються від толеїтових базальтів, що пов'язані з коматіитами та не можуть бути віднесені до коматіт-толеїт-базальтової формації.

Висновки. Мінеральний склад високотитанистих метабазитів ЧС відповідає умовам амфіболітової фації. У породах повністю відсутні піроксени, що суттєво їх відрізняє від метабазитів СП.

Загальними особливостями хімічного складу метабазитів та апобазитових метасоматитів ЧС є збагаченість на FeO , TiO_2 , K_2O , P_2O_5 , а для найбільш численного різновиду порід – біотитових амфіболітів – на V, Zr, Ba, Sr, Sc. Характерна також збідненість усіх високотитанистих порід на MgO , CaO , Fe_2O_3 , Ni, Cr, Co, Nb, Ga.

Наявність дрібних тіл високотитанистих метабазитів принципово іншого мінерального (гранатові амфіболіти-2 і 3) та хімічного (гранатові амфіболіти-3) складу свідчить про неоднорідність вихідних порід та умов їхнього перетворення.

Високотитанисті метабазити ЧС за особливостями речовинного складу суттєво відрізняються від загальної маси метабазитів СП и належать до іншої формації.

Зважаючи на подібність хімічного складу метабазитів ЧС до базитів анортозит-рапаківігранітної формації, припускаємо, що високотитанисті метабазити Чемерпільської структури являють собою прояви дайкових диференційованих тіл анортозит-рапаківігранітної формації у Середньому Побужжі.

Високий вміст Fe, підвищений Ti та низький Mg, Sr та Ni, що характерні для метабазитів ЧС, свідчать про високий ступінь диференціації порід.

Повна відсутність магнетиту в метабазитах та апобазитових метасоматитах ЧС свідчать про утворення порід за умов низької фугітивності кисню.

Автор щиро вдячний О.О. Юшину за вагомий консультативний та практичну допомогу в роботі над матеріалом статті, співробітникам Правобережної ГЕ за наданий кам'яний матеріал, співробітникам хімічної, спектральної лабораторії ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України Ю.А. Литвиненку та Л.І. Кануніковій за виконання аналітичних робіт.

Надійшла 10.05.2011.

1. Великославинский Д.А., Биркис А.Л. Богатиков О.А. и др. Анортозит-рапакивигранитная формация Восточно-Европейской платформы. – М.: Недра, 1978. – 296 с.
2. Гаценко В.О. Литвиненко Ю.О. Ільменіт-біотитові амфіболіти Чемерпільської структури Середнього Побужжя // Мінерал. журн. – 2010. – 32, № 4. – С. 86–99.
3. Державна геологічна карта України. Масштаб 1 : 200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуш М-36-XXXI (Первомайськ) / В.М. Ключков, Я.П. Білінська, Ю.М. Веклич та ін. – К. : Геоінформ, 2002. – 162 с.
4. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Зеленокаменные пояса и роль вулканизма в формировании месторождений / Лазько Е.М., Сиворонов А.А., Ярошук М.А. и др. – К. : Наук. думка, 1990. – 172 с.
5. Каневский А.Я. Распределение титана и железа в мафитах и метамафитах Среднего Побужья // Геол. журн. – 1988. – 48, № 2. – С. 97–101.
6. Каневский А.Я. К классификации амфиболитов Среднего Побужья // Там же. – № 4. – С. 29–39.
7. Кривдік С.Г., Гуравський Т.В., Дубина О.В. та ін. Особливості речовинного складу Носачівського апатит-ільменітового родовища (Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит) // Мінерал. журн. – 2009. – 31, № 3. – С. 55–78.
8. Кривдік С.Г., Безмолова Н.В., Дубина О.В. Особливості речовинного складу Південно-Кальчицького масиву. // Там же. – 2010. – 32, № 2. – С. 25–38.
9. Лазько Е.М., Кирилюк В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Нижний докембрий западной части Украинского щита (возрастные комплексы и формации). – Львов : Вища школа, 1975. – 239 с.
10. Митрохин О.В. Анортозит-рапакивигранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад та умови формування) : Автореф. ... докт. геол. наук. – К., 2011. – 35 с.
11. Митрохіна Т.В. Геологічна будова, речовинний склад та умови формування титаноносних габроїдних інтрузій Волинського мегаблоку Українського щита : Автореф. ... канд. геол. наук. – К., 2009. – 19 с.
12. Никулина Э.А., Павлюк В.Н., Довгань Р.Н. Формационная типизация и геодинамический режим формирования базит-гипербазитовых ассоциаций Днестровско-Бугской гранулит-гнейсовой области // Минерал. журн. – 2006. – 28, № 3. – С. 38–59.
13. Слипченко В.В. О генезисе метабазитов Среднего Побужья (по петрохимическим данным) // Геол. журн. – 1978. – 38, № 1. – С. 113–121.
14. Справочник по геохимии / Войткевич Г.В., Кокин А.В., и др. – М., 1990. – 480 с.
15. Фомин А.Б. Геохимия ультрабазитов юго-западной части Украинского щита. – К. : Наук. думка, 1979. – 228 с.
16. Фомин А.Б., О.С. Єгоров, К.В. Козут. Про коматіти Українського щита. // Доп. АН УРСР. – 1980. – сер. Б, № 2. С. 38–42
17. Фомин А.Б. Геохимия гипербазитов Украинского щита. – К. : Наук. думка, 1984. – 232 с.
18. Щербаков И.Б. Петрография докембрийских пород центральной части Украинского щита. – К. : Наук. думка, 1975. – 279 с.
19. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. – К. : Наук. думка, 2005. – 366 с.
20. Ярошук М.А., Фомин А.Б., Козут К.В., и др. Связь железисто-кремнистых пород юго-запада Украинского щита с коматититами и толеитовыми базальтами. // Геол. журн. – 1982. – 42, № 1. – С. 29–42.
21. Ярошук М.А. Железорудные формации Белоцерковско-Одесской металлогенической зоны. – К. : Наук. думка, 1983. – 224 с.
22. Ярошук М.А., Вайло А.В. Савранское золоторудное поле Голованевской гнейсо-гранулитовой зоны Украинского щита. – Киев, 1998. – 65 с.

Гаценко В.А. Високотитанисті метабазити та апобазитові метасоматити Чемерпільської структури: петрографічні та хімічні особливості (сравнение с метабазитами Середнього Побужжя). В статті дана характеристика метабазитів та апобазитових метасоматитів Середнього Побужжя з підвищеним вмістом титану ($\text{TiO}_2 > 2,5\%$), виявлених Правобережною експедицією в Чемерпільській структурі Синицького блоку Голованевської шовної зони. Приведено опис мінерало-петрографічних та геохімічних особливостей порід та порівняння їх з метабазитами інших структур Середнього Побужжя для визначення ступеня їх подібності. Мінеральний склад високотитанистих метабазитів Чемерполя повністю відповідає умовам амфіболітової фації, в яких вони були метаморфизовані. В породах повністю відсутні піроксени, що відзначає їх від основної маси метабазитів Середнього Побужжя. Хімічний склад порід характеризується високим вмістом FeO , TiO_2 , K_2O , P_2O_5 , та низьким – MgO , CaO , Fe_2O_3 , Ni , Cr , Co , Nb , Ga . Високотитанисті метабазити Чемерпільської структури за речовинним складом суттєво відрізняються від основної маси метабазитів Середнього Побужжя та належать до іншої геологічної формації. Беря до уваги подібність хімічних складів базитів та анортозитів рапакивигранітної формації, передбачаємо, що високотитанисті метабазити Чемерпільської структури представляють собою проявлення дайкових диференційованих тіл цієї формації в Середньому Побужжю. Високе вміст Fe , підвищене – Ti та низьке – Mg , Cr та Ni свідчать про високу ступінь диференціації порід. Повне відсутство магнетиту вказує на умови низької фугитивності кисню.

Gatsenko. V. O. High-titaniferous metabasites and apobasitous metasomatites of Chemerpil structure: petrographic and chemical characteristics in comparison with metabasites of Middle Boug area. This article presents the high-titaniferous metabasites ($\text{TiO}_2 > 2,5\%$) and apobasitous metasomatites which are new for Middle Bug area. They were revealed by Pravoberezhna Expedition in structure of Synytsivskii block that belongs to Golovanivsk sutural zone. Petrographic, mineralogical, and geochemical characteristics of the rocks are submitted. The high-titaniferous metabasites are compared with metabasites of other Middle Bug area structures so that degree of their similarity to be clarified. Mineral composition of Chemerpil high-titaniferous metabasites fully corresponds to amphibolite facies conditions in which they were transformed. There are no pyroxenes in these rocks and according to that the rocks vary from common metabasites of Middle Bug area.

Chemical composition peculiarities of the metabasites and apobasitous metasomatites are following: enrichment with FeO, TiO_2 , K_2O , P_2O_5 ; and low content of MgO, CaO, Fe_2O_3 , Ni, Cr, Co, Nb, Ga.

High-titaniferous metabasites of Chemerpil structure essentially vary from the large majority of Middle Bug area metabasites by their chemical composition peculiarities. They belong to other geological formation. Taking into account their conformity (by chemical composition) to basites of anorthosite-rapakivi-granite formation, is assumed that Chemerpil high-titaniferous metabasites are development of dyke differentiated bodies of that formation in Middle Bug area. High content of Fe, raised Ti, low Mg, Cr and Ni indicate the high degree of rock differentiation. Total lack of magnetite in Chemerpil metabasites and apobasitous metasomatites is evidence of rock formation under low oxygen fugitivity.