

УДК 552.4 (477.63)

В.В. Сукач

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: svital@ukr.net

СУБЛУЖНІ БІОТИТОВІ АМФІБОЛІТИ РАЙОНУ БАШКА, СЕРЕДНЄ ПРИДНІПРОВ'Я

Сублужні біотитові амфіболіти представлені різного розміру реліктовими тілами і дрібними ксенолітами серед вмісних плагіограніт-мігматитів дніпропетровського комплексу біля західних меж Славгородського блоку у Середньому Придніпров'ї. Вони утворилися не пізніше 3,04 млрд рр. тому. Головний мінеральний парагенезис еденіт-паргасит — олігоклаз-андезин — біотит сформувався в інтервалі температури 620—744 °С і тиску 4,5—7,7 кбар, що відповідає умовам амфіболітової фації регіонального метаморфізму. Утворення ретроградного парагенезису рогова обманка — олігоклаз реалізувалось за температури близько 600 °С і тиску 4 кбар. Своєрідною реліктовою ознакою гранулітової фації, яка передувала амфіболітової, можна вважати наявність характерного для "гранулітових" амфіболів розподілу алюмінію Al_{IV} і Al_{VI} . За результатами геолого-петрологічного співставлення виявлена речовинно-генетична спорідненість біотитових амфіболітів із піроксенвмісними амфіболітами та основними кристалосланцями славгородської товщі. Передбачається, що підвищений вміст лугів у породах є успадкованим від первинномагматичних основних порід підвищеної лужності ефузивної або інтрузивної фації — трахібазальтів і сублужних габро.

Ключові слова: біотитові амфіболіти, сублужні породи, архей, славгородська товща, аульська серія, балка Башка, Славгородський блок, Середнє Придніпров'я, Український щит.

Вступ. Амфіболіти Середньопридніпровського мегаблоку Українського щита (УЩ) наявні у складі архейських конкської серії та базавлуцької товщі, а також славгородської товщі аульської серії. Повсюдне поширення мають амфіболіти базавлуцької товщі, які у вигляді останців різного розміру трапляються серед мігматитів і плагіогранітоїдів дніпропетровського комплексу. Амфіболіти конкської серії менш розповсюджені і зазвичай складають крайові частини синкліноних зеленокам'яних структур (ЗКС). У незначному обсязі амфіболіти відмічено у складі славгородської товщі, релікти якої відомі в межах однойменного блоку. Попри те, що біотитові амфіболіти на правобережжі Дніпра в районі б. Башка ще у 1958—1963 рр. описані О.А. Зайцевим під час виконання комплексної геологічної зйомки масштабу 1 : 50000, вони залишились недостатньо вивченими, а їхня хроностратиграфічна приналежність досі не з'ясована.

Геолого-структурне положення. На Державній геологічній карті 2006 р. [13] район б. Башка (рис. 1) побудований за участю мігматитів і плагіогранітоїдів дніпропетровського комплексу, які разом із поодинокими останцями базавлуцької товщі належать до аульського плагіограніт-амфіболітового структурно-формаційного комплексу (СФК). Ця територія у складі Дніпропетровського блоку безпосередньо примикає до західного кута трикутного Славгородського блоку. Йому властивий розвиток ендербітоїдів, які містять ксеноліти двопіроксенових кристалосланців і разом з ними формують славгородський чарнокіт-гранулітовий СФК [7]. На південний схід від району б. Башка знаходиться Мокромосковський гранітний масив, а на північний захід — Сурська ЗКС та однойменний плагіогранітоїдний масив. Породи дослідженої ділянки розташовані у західному замиканні субшироко орієнтованої Башкакинської антикліналі або валу [9], яка ускладнена невеликими тілами-сателітами Мокромосковського

© В.В. СУКАЧ, 2016

масиву. Важлива особливість структурної позиції району б. Башмачка — приуроченість до вузла зчленування трьох регіональних розломів: Девладівського, Дніпродзержинського і Синельниківського.

За даними геологознімальних робіт 1958—1963 рр. (О.А. Зайцев, В.Ф. Кіктенко та ін.) біотитові амфіболіти мають простягання 330° і падають на південний захід під кутом 75°. Вод-

ночас смугастість мігматитів простягається за азимутом 50° з падінням 45—60° на північний захід. У 300 м південно-західніше вивченого відслонення в мігматитовому кар'єрі простягання порід субширотне 280°, а падіння північне — 30—45°. Не виключено, що вказані варіації елементів залягання мігматитів пов'язані з особливостями складчастих деформацій західного замикання Башмачкинського валу.

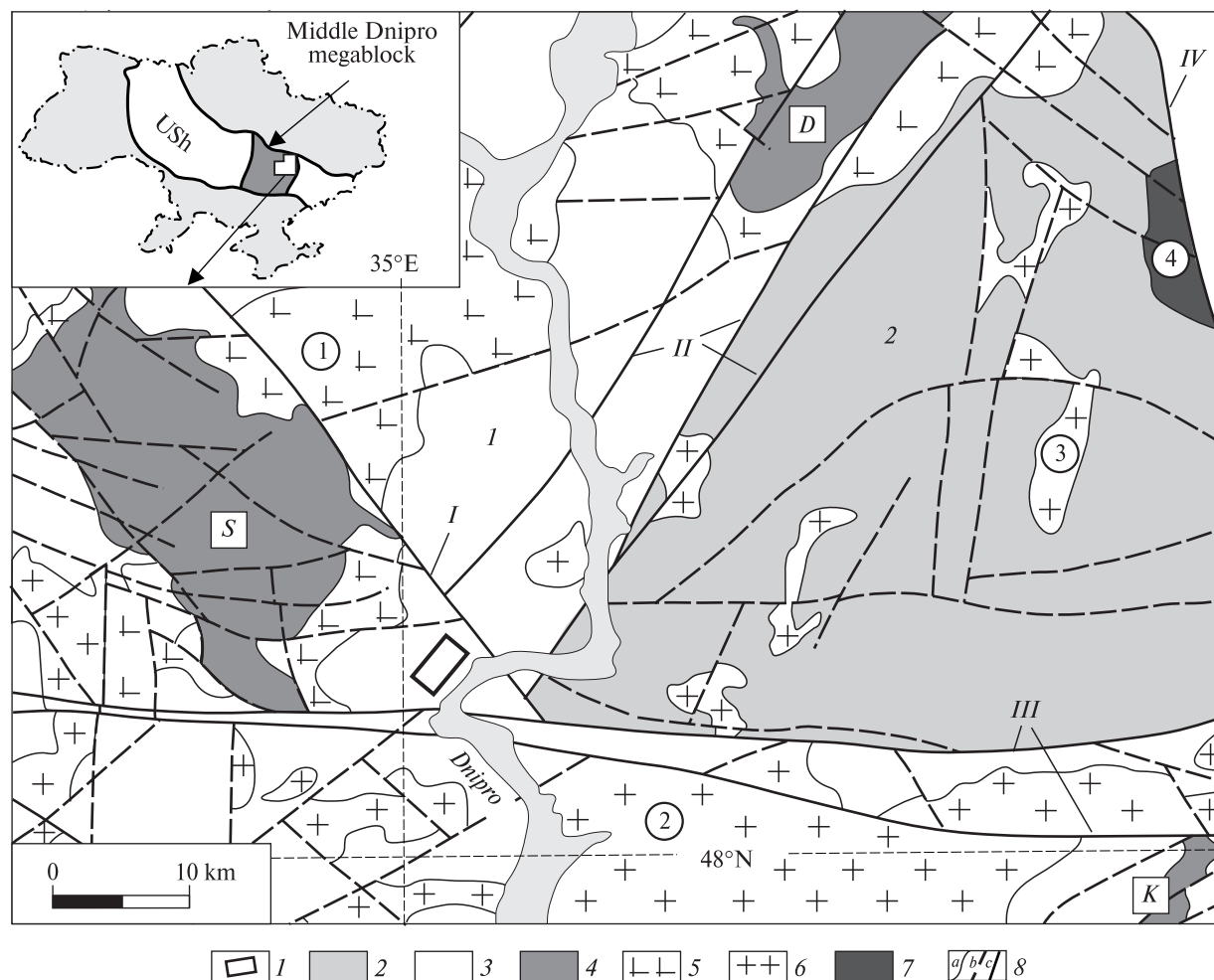


Рис. 1. Геолого-структурне положення району досліджень: 1 — район б. Башмачка; архей: 2 — славгородський чарнокіт-гранулітовий СФК; 3 — аульський плагіогранітоїдно-амфіболітовий СФК; 4, 5 — тоналіт-зеленокам'яний СФК: 4 — конкська серія (літери в квадратах: S — Сурська, D — Дерезуватська, K — відгалуження Конкської ЗКС); 5 — сурський комплекс (цифри в кружках: 1 — Сурський масив); 6 — двопольовошпатові граніти (2 — Мокромосковський, 3 — Вишневецький масиви); палеопротерозой: 7 — лужні та нефелінові сієніти (4 — Малотерсянський масив); 8a — геологічні границі, 8b — локальні розломи; 8c — регіональні розломи і зони розломів: I — Дніпродзержинський, II — Дерезуватська, III — Девладівська, IV — Оріхово-Павлоградський; геологічні блоки: 1 — Дніпропетровський, 2 — Славгородський

Fig. 1. Geological-structural location of the studied district: 1 — the Bashmachka ravine area; Archean: 2 — Slavgorod charnockite-granulite SFC; 3 — Auly plagiogranitoid-amphibolite SFC; 4, 5 — tonalite-greenstone SFC: 4 — Konka series (letters in squares: S — Sura, D — Derezuvatka, K — the branch of Konka GSS); 5 — Sura complex (figures in circles: 1 — Sura massif), 6 — two-feldspathic granites (2 — Mokra-Moskovka, 3 — Vyshnevetse massifs); Paleoproterozoic: 7 — alkali and nepheline syenites (4 — Mala-Tersa massif); 8a — geological boundaries, 8b — local faults; 8c — regional faults and fault zones: I — Dniprodzherzhynsk, II — Derezuvatka, III — Devladove, IV — Orikhove-Pavlograd; geological blocks: 1 — Dnipropetrovsk, 2 — Slavgorod

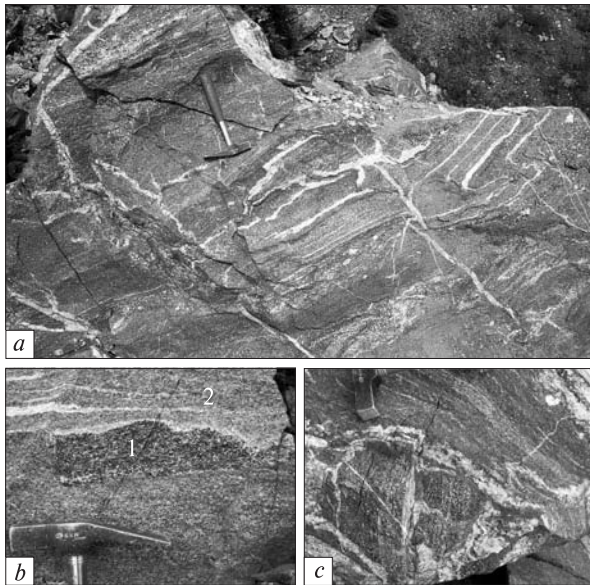


Рис. 2. Біотитові амфіболіти в гирлі б. Башмачка біля старої пристані: *a* — загальний вигляд; *b* — клиноподібний ксеноліт амфіболітів (1) в мігматитах (2); *c* — агматитові мігматити

Fig. 2. Biotitic amphibolites in the mouth of the Bashmachka ravine near old ghat: *a* — general view; *b* — wedge-shaped amphibolite xenolith (1) into migmatites (2); *c* — agmatitic migmatites

Безпосередньо у відслоненні спостерігається узгодженість структурних елементів розкритих порід.

Об'єкт досліджень і постановка проблеми.

Біотитові амфіболіти привертають увагу підвищеним вмістом лугів ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 4\text{--}7\%$) [11], який є нетиповим для "нормальних" метаморфічних утворень Середньопридніпровського мегаблоку. Вони задокументовані у кам'яній виїмці поблизу старої пристані у гирлі б. Башмачка ($48^\circ 7' 29,5'' \text{ N}$, $35^\circ 3' 20'' \text{ E}$), де складають корінний брилоподібний виступ розміром близько 5 м (рис. 2, *a*). Навколо у вигляді "вікон" (до 1 м^2) серед вивітрилих до глинисто-щербенистого стану порід спостерігаються типові мігматити дніпропетровського комплексу, в яких виявлені ксеноліти амфіболітів розміром 20—50 см (рис. 2, *b*). Останні на сірому, світло-сірому фоні мігматитів добре виділяються темно-сірим забарвленням, переважно середньозернистою структурою та масивною текстурою. За видовженням ксеноліти узгоджені зі смугастістю мігматитів і мають лінзо-, овало- або клиноподібну форму. В процесі більш інтенсивної мігматизації декотрі з них були дезорієнтовані з утворенням агматитової текстури (рис. 2, *c*).

На рис. 2, *a* добре видно, що амфіболіти пронизані гранітоїдними прожилками потужністю 0,5—5 см, серед яких умовно можна виділити ранню і пізню системи. Рання узгоджується зі звивистим структурним планом порід і надає їм мігматитоподібного вигляду, подекуди з утворенням птигматитової текстури. Пізня система практично під прямим кутом перетинає ранню і поступається їй за кількістю прожилків. Ділянки найбільшого насичення порід гранітоїдними прожилками (до 10 %) перетинаються пегматитовими жилами потужністю від 5 см до 1 м, в яких відмічаються біотитові "гнізда" розміром до 1—2 см. Власне амфіболіти характеризуються неясно вираженою смугастістю, утвореною за рахунок структурно-текстурної та мінералогічної неоднорідностей. За структурними ознаками виділяються смуги від дрібно- до середньо- і, навіть, крупнозернистих різновидів, а за текстурними — від порід з чіткою директивною будовою за рахунок видовжених немаг амфіболу до масивних порід із візуально однаковим ідіоморфізмом плагіоклазу й амфіболу. За мінеральним складом розрізняються смуги від лейкократових різновидів, де плагіоклаз переважає над амфіболом, мезократових амфіболітів з приблизно однаковим вмістом цих мінералів до меланократових порід — плагіоклазових амфіболітів. Зі зростанням лейкократовості порід зростає їх зернистість. Смуги завжди характеризуються плавними переходами між собою, а їхня ширина змінюється від перших сантиметрів до 10 см.

За наведеним вище польовим описом видається очевидною ідентичність біотитових амфіболітів з амфіболітами базавлуцької товщі. Проте останні належать виключно до метаморфічних утворень нормального ряду, що не дає змоги розглядати біотитові амфіболіти в складі цього стратиграфічного підрозділу. Виразні ознаки мігматизації, значна віддаленість від ЗКС (до найближчої Сурської ЗКС 8—10 км) разом із підвищеною лужністю вказують на різку відмінність біотитових амфіболітів і від порід конкської серії. Відсутність гранулітових мінеральних парагенезисів перешкоджає віднесенню їх до славгородської товщі. Як бачимо, питання хроностратиграфічної приналежності біотитових амфіболітів потребує проведення додаткових досліджень. На жаль, незначний розмір виходів на денну поверхню біотитових амфіболітів внаслідок підняття рівня води у

Дніпрі та інтенсивного вивітрювання не дає змоги відтворити хоча би частину метаморфічного розрізу, щоб порівняти його з типовими розрізами базавлуцької, славгородської товщі або інших підрозділів, з'ясувати співвідношення з ними та вмісними гранітоїдами.

Сублужний склад цих порід теоретично можна пояснити двома однаково ймовірними версіями: 1) підвищена лужність є успадкованою від первинних дометаморфічних сублужних порід нез'ясованої дотепер хроностратиграфічної приналежності; 2) амфіболіти утворилися в результаті тектоно-метасоматичних перетворень амфіболітів нормальної лужності, наявних у складі відомих підрозділів [6] (базавлуцька товща, конкська серія, славгородська товща, олександрівський комплекс). У випадку, коли перша точка зору є вірною, потребують опрацювання такі петрогенетичні моделі: 1) амфіболіти є найбільш ранніми утвореннями в регіоні, які можуть корелювати з мігматизованими утвореннями славгородської товщі; 2) амфіболіти — це метаморфізовані первинно інтрузивні породи, які укорінилися на завершальних стадіях формування дніпропетровського комплексу, після чого були будиновані та деструктуровані внаслідок активізації вузла перетину Девладівського, Дніпродзержинського та Синельниківського розломів.

Мета і методи досліджень. Метою роботи є з'ясування природи та хроностратиграфічної приналежності сублужних біотитових амфіболітів району б. Башмачка.

У процесі робіт послідовно застосовано такі методи досліджень: комплексна інтерпретація геолого-геофізичних матеріалів, польові роботи з відбором зразків і проб, петрографічний опис шліфів, мікрозондове визначення складу мінералів, виявлення петро- і геохімічних особливостей амфіболітів; співставлення амфіболітів з породами у складі відомих хроностратиграфічних підрозділів регіону, найбільш подібних до них за геолого-структурним положенням і петрографічними ознаками. Досліджувані амфіболіти було порівняно з піроксенвмісними амфіболітами і основними кристалосланцями славгородської товщі, виявленими буровими свердловинами в центральній частині однойменного блоку [2, 3, 5]; з середньодрібнозернистими амфіболітами нематобластової структури базавлуцької товщі в басейні рр. Базавлук-Базавлучок [12]; з метадолеритами у складі конкської серії Сурської ЗКС [10].

Історія вивчення. Перша згадка про біотитові амфіболіти міститься у звіті О.А. Зайцева, В.Ф. Кіктенка та ін. (1963) про комплексну геологічну зйомку масштабу 1 : 50000. Разом із мігматитами вони описані у низці відслонень по

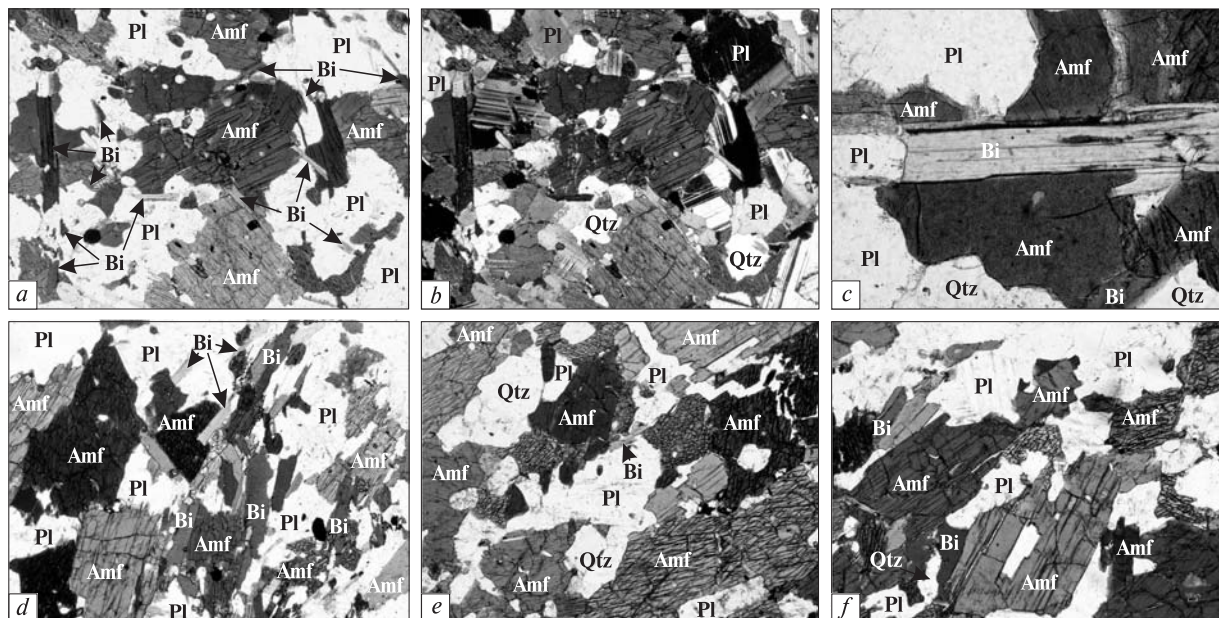


Рис. 3. Біотитові амфіболіти під мікроскопом: шліф 580/1: а — ніколи ||; б — ніколи +; с — луска біотиту у лівій частині шліфа, ніколи ||; д — шліф 580/2, ніколи ||; е — шліф 581/1, ніколи ||, ф — шліф 581/2, ніколи ||

Fig. 3. Biotitic amphibolites under the microscope: thin section 580/1: a — nicols ||; b — nicols +; c — biotite flake at the left side of thin section, nicols ||; d — thin section 580/2, nicols ||; e — thin section 581/1, nicols ||, f — thin section 581/2, nicols ||

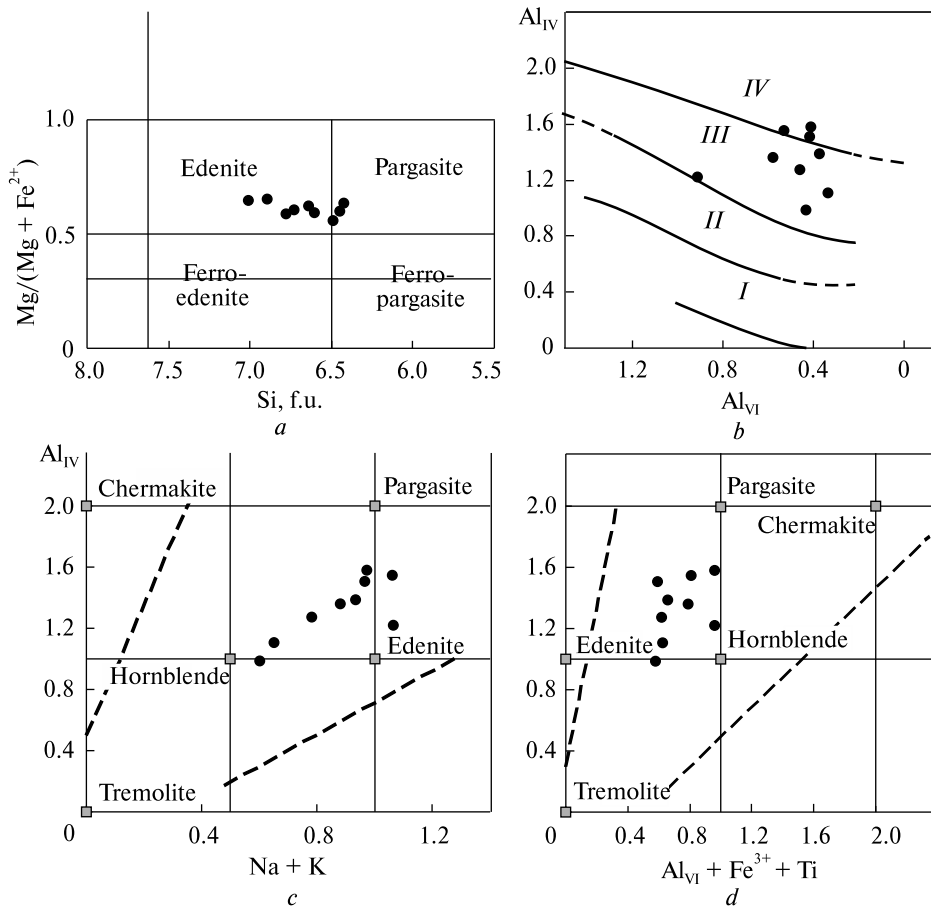


Рис. 4. Положення фігуративних точок хімічного складу амфіболів на діаграмах: *a* — класифікація кальцієвих амфіболів за умов $C_{AB} \geq 1,5$, $(Na + K)_A \geq 0,5$, $Ti < 0,5$ (Leake et al., 1997); *b* — фації метаморфізму за розподілом $Al_{IV} - Al_{VI}$ (В.В. Закруткін, 1968): *I* — зеленосланцева, *II* — епідот-амфіболітова, *III* — амфіболітова, *IV* — гранулітова; *c* і *d* — варіації хімічного складу кальцієвих амфіболів (У.А. Дир, Р.А. Хауи, Дж. Зусман, 1963)

Fig. 4. Chemical composition figural point position of amphiboles on diagrams: *a* — classification of calcium amphiboles under conditions $C_{AB} \geq 1.5$, $(Na + K)_A \geq 0.5$, $Ti < 0.5$ (Leake et al., 1997); *b* — metamorphic facies after distribution $Al_{IV} - Al_{VI}$ (V.V. Zakrutkin, 1968): *I* — greenstone, *II* — epidote-amphibolitic, *III* — amphibolitic, *IV* — granulitic; *c* and *d* — variation of chemical composition of calcium amphiboles (W.A. Deer, R.A. Howie, J. Zussman, 1963)

обидва береги Дніпра і вздовж б. Башмачка поблизу сіл Вовніги, Кам'яно-Зубилівка, Ясинувате та ін. Тепер більшість виходів кристалічних порід закриті ґрунтово-рослинним шаром або знаходяться нижче урізу води в Дніпрі. Відслонення біля старої пристані — це фрагмент потужного виходу біотитових амфіболітів і мігматитів, які 50 років тому розкривались на відстані близько 70 м. Як самостійний петротип у Середньому Придніпров'ї ці породи були виділені В.І. Орсою у 1973 р. [8] під назвою "амфіболіти, складені малоглиноземистою роговою обманкою та альбітом" поряд з піроксенвмісними та нормальними амфіболітами. Згідно з цим описом, перші тепер належать до слагородської, а другі — до базавлуцької товщ аульської серії.

У 1990—2000 рр. район б. Башмачка, в тому числі відслонення біотитових амфіболітів, вив-

чали А.І. Некряч, В.О. Шпильчак, А.С. Станкін (геологічне картування), О.Б. Бобров (вирішення проблем гранулітових комплексів Слагородського блоку), Г.В. Артеменко (геохронологічне датування), Л.В. Ісаков (дослідження пегматитів) та ін. У 2004—2006 рр. значний обсяг польових і лабораторних досліджень в районі б. Башмачка виконало Дніпропетровське відділення УкрДГРІ в рамках "Геолого-формаційного вивчення фундаменту зеленокам'яних структур Середньопридніпровського геоблоку УЩ" (В.В. Сукач та ін., 2006), матеріали яких склали основу цієї статті.

Мінералого-петрографічна характеристика.

Біотитові амфіболіти — це переважно середньозернисті породи з варіаціями від дрібно- до крупнозернистих. Вони складаються з плагіоклазу (35—60 %), амфіболу (30—60 %), біотиту

(5–8 %, подекуди до 15) і незначної кількості кварцу та епідоту. Вміст темноколірних мінералів зменшується пропорційно зі зростанням зернистості порід. Серед акцесорних мінералів наявні апатит, сфен, зрідка діагностовані циркон і ортит. Породи характеризуються масивною текстурою та нематогранобластовою структурою, яка за ступенем ідіоморфізму амфіболу і плагіоклазу інколи визначена як реліктова габроподібна.

Амфібол представлений короткопризматичними кристалами розміром 0,5–5 мм з неправильними звивистими краями (рис. 3). Мінерал плеохроює від темно-зеленого кольору з синім відтінком по *Ng* до жовто-зеленого по *Np*. За хімічним складом (табл. 1) це кальцієвий амфібол еденіт-паргаситової серії. На класифікаційній діаграмі (рис. 4, *a*) більшість фігуративних точок складу амфіболів розміщено в області еденіту. Важлива особливість його складу проявляється на діаграмі розподілу $Al_{IV} - Al_{VI}$ (рис. 4, *b*), де він потрапляє в поле

амфіболітової фації метаморфізму (лейкократові крупнозернисті різновиди) і, частково, в область гранулів (найпоширеніші у відслоненні середньозернисті різновиди). Передбачається, що відмічені варіації хімічного складу амфіболів відображають регресивний напрям метаморфічних перетворень, яких зазнали раніше сформовані високотемпературні мінеральні парагенезиси, що сягали рівня гранулітової фації, під впливом потужної гранітизації (мігматизації). Найпізніші регресивні зміни представлені світло-зеленими мікрокаймами, які подекуди спостерігаються навколо зерен еденіту. Для кайм фіксується зниження вмісту Al_2O_3 і підвищення MgO , що визначає зміну їхнього складу у бік рогової обманки (рис. 4, *c, d*).

Плагіоклаз утворює полісинтетично здвійниковані зерна (2–4 мм) ізометричної, близької до округлої форми з нерівними краями (рис. 3). За хімічним складом (табл. 2) добре виділяються дві його генерації: олігоклаз-андезинова An_{28-32} та олігоклазова An_{17-22} . Перша

Таблиця 1. Хімічний склад та формульні коефіцієнти амфіболів із біотитових амфіболітів, %
Table 1. Chemical composition and formula coefficients of amphiboles from biotitic amphibolites, %

Точка аналізу	181/6	181/9	181/12	581/7	581/9	581/5	581/12	581/14	181/3
Мінерал	Еденіт				Паргасит				Рогова обманка
SiO ₂	45,33	46,49	48,09	46,01	47,39	44,31	44,18	44,27	49,08
TiO ₂	0,69	0,27	0,39	0,25	0,48	0,74	0,68	0,64	0,23
Al ₂ O ₃	10,23	10,15	8,51	11,39	12,63	12,11	11,1	11,65	8,44
FeO*	16,24	15,32	14,77	14,76	13,56	15,32	16,59	16,14	14,08
MgO	11,75	12,31	13,35	12,05	10,98	11,55	11,2	11,81	13,42
MnO	0,15	0	0	0,15	0,01	0,16	0,13	0,06	0
CaO	11,9	12,38	12,33	11,85	10,68	11,54	12,3	11,52	12,35
Na ₂ O	2,5	2,21	1,93	2,33	2,99	2,77	2,56	2,6	1,77
K ₂ O	1,21	0,87	0,62	1,23	1,29	1,51	1,26	1,3	0,61
Сума	100	100	99,99	100,02	100,01	100,01	100	99,99	99,98
Si	6,61	6,73	6,90	6,64	6,78	6,45	6,49	6,42	7,01
Al _{IV}	1,39	1,27	1,10	1,36	1,22	1,55	1,51	1,58	0,99
Al _{VI}	0,37	0,46	0,33	0,58	0,91	0,53	0,42	0,41	0,43
Ti	0,08	0,03	0,04	0,03	0,05	0,08	0,08	0,07	0,02
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,22	0,13	0,25	0,18	0,00	0,20	0,10	0,48	0,12
Mn	1,77	1,72	1,52	1,60	1,62	1,67	1,94	1,48	1,56
Mg	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00
Ca	1,86	1,92	1,89	1,83	1,64	1,80	1,94	1,79	1,89
Na	0,71	0,62	0,54	0,65	0,83	0,78	0,73	0,73	0,49
K	0,23	0,16	0,11	0,23	0,24	0,28	0,24	0,24	0,11

Примітка. Тут і у табл. 2, 3: FeO* — загальний вміст заліза; аналізи виконано в УкрДГПІ на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі REMMA-102-02.

Note. Here and in Tables 2 and 3: FeO* — total content of iron; samples were analyzed by scanning electron microscope-microprobe REMMA-102-02 in UkrSGRI.

перебуває в парагенезисі з еденіт-паргаситом і біотитом. Друга пов'язується з процесами мігматизації, оскільки аналогічний за складом олігоклаз зафіксовано у вмисних мігматитах.

Біотит представлений видовженими лусками до 2 мм з коефіцієнтом видовження 4–6, які практично завжди приурочені до еденіт-паргаситу. Зазвичай більші луски ніби розсікають немаги (рис. 3, с), менші за розміром роз-

ташовані вздовж спайності амфіболу. Відмічено добре виражений плеохроїзм від коричневого кольору з зеленим відтінком по *Ng* до світло-жовтого по *Np*. У породі біотит розподілений нерівномірно: від 5–6 до 10 %. Його вміст, за даними В.І. Орси, може сягати 20 %. У таких випадках луски узгоджуються за простяганням зі смугастістю породи. За хімічним складом (табл. 3) мінерал займає проміжне по-

Таблиця 2. Хімічний та мінальний склад плагіоклазів із біотитових амфіболітів, %

Table 2. Chemical and mineral composition of plagioclases from biotitic amphibolites, %

Точка аналізу	181/1	181/5	181/10	181/13	581/1	581/6	581/11	581/13
SiO ₂	60,16	60,20	59,14	62,30	61,26	59,58	59,22	58,97
TiO ₂	0,08	0,00	0,09	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	24,86	24,46	24,93	22,76	22,79	24,53	24,21	24,34
FeO*	0,00	0,14	0,00	0,00	0,19	0,00	0,08	0,06
CaO	6,83	6,86	6,68	4,73	5,18	7,00	6,72	7,03
Na ₂ O	8,01	8,13	9,15	10,22	10,24	8,71	9,54	9,32
K ₂ O	0,06	0,21	0,00	0,00	0,18	0,18	0,22	0,28
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
An	0,32	0,31	0,29	0,20	0,22	0,30	0,28	0,29
Ab	0,68	0,67	0,71	0,80	0,77	0,69	0,71	0,70
Kfs	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01

Таблиця 3. Хімічний склад та формульні коефіцієнти біотитів із біотитових амфіболітів, %

Table 3. Chemical composition and formula coefficients of biotites from biotitic amphibolites, %

Точка аналізу	181/7	181/11	581/3	581/4	581/8	581/10
SiO ₂	40,35	40,72	40,09	39,57	42,17	39,20
TiO ₂	1,28	1,43	1,41	1,53	1,09	1,38
Al ₂ O ₃	17,12	17,14	17,02	17,01	17,79	16,79
FeO*	16,15	16,36	14,14	15,41	12,48	15,95
MgO	15,24	15,26	15,61	15,21	14,62	15,10
MnO	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,10
CaO	0,09	0,31	0,40	0,36	0,90	0,25
Na ₂ O	1,35	1,44	1,74	1,87	2,26	1,81
K ₂ O	8,41	7,34	9,57	9,01	8,67	9,43
Сума	99,99	100,00	99,99	100,01	100,00	100,01
Si	5,69	5,72	5,66	5,61	5,86	5,60
Al _{IV}	2,31	2,28	2,34	2,39	2,14	2,40
Al _{VI}	0,54	0,55	0,50	0,46	0,77	0,42
Ti	0,14	0,15	0,15	0,16	0,11	0,15
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	1,91	1,92	1,67	1,83	1,45	1,90
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mg	3,21	3,19	3,29	3,22	3,03	3,21
Ca	0,01	0,05	0,06	0,05	0,13	0,04
Na	0,37	0,39	0,48	0,51	0,61	0,50
K	1,51	1,31	1,72	1,63	1,54	1,72
Mg/Mg + Fe	0,63	0,62	0,66	0,64	0,68	0,63

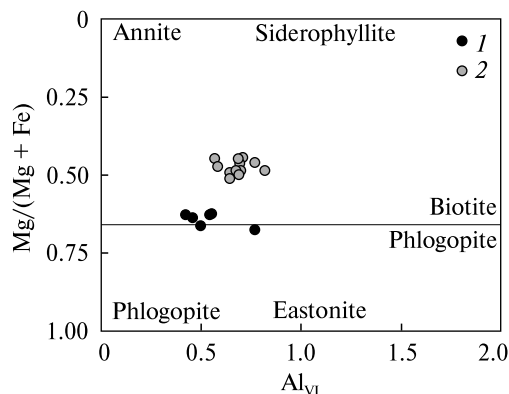


Рис. 5. Положення фігуративних точок хімічного складу слюди району б. Башмачка із біотитових амфіболітів (1) і мігматитів (2) на класифікаційній діаграмі $Al_{VI} - Mg/(Mg + Fe)$. Дані по біотитах із мігматитів взято з авторської колекції

Fig. 5. Chemical composition figural point position of mica in the Bashmachka ravine area from biotitic amphibolites (1) and migmatites (2) on classification diagram $Al_{VI} - Mg/(Mg + Fe)$. Data on biotites from migmatites are from author's collection

ложення між біотитом і флогопітом. Примітно, що біотити із мігматитів і плагіогранітів дніпропетровського комплексу мають дещо нижчу магнезійність і за складом наближаються до аніту-сидерофіліту (рис. 5).

Кварц наявний у вигляді округлих та неправильних зерен розміром 0,5–0,7 мм, зрідка дрібніших (0,1–0,3 мм), включених у амфібол та плагіоклаз. Епідот утворює агрегати неправильної форми розміром до 0,3 мм. Іноді в середині виділення епідоту може знаходитись дрібний кристал ортиту ізометричної форми. Апатит представлений скупченнями округлих та овальних зерен розміром ~0,1 мм або окремими кристалами — до 0,5 мм.

Петрохімія і геохімія. Біотитові амфіболіти за вмістом $SiO_2 = 49–50\%$ і $Na_2O + K_2O = 3,9–6,5\%$ (табл. 4), відповідно до Петрографічного кодексу України (1999), належать до петрохімічного ряду основних порід підвищеної лужності: сублужних габро і трахібазальтів [11]. З урахуванням результатів двох хімічних аналізів 93/137 і 93/2, наведених у роботі В.І. Орси [8], вони є загалом помірно глиноземистими з середнім значенням коефіцієнта $al' = 0,84$ за його суттєвих варіацій від 0,54 до 1,08; залізо-магнієвими ($F_{зар} = 24,8–47,1$); низькотитанистими ($TiO_2 = 0,44–1,06\%$); належать до калій-натрієвої серії метаморфічних порід (більшість значень $Na_2O/K_2O > 1$, за варіацій від 0,68 до 4,57). Відмічена неви-

триманість деяких петрохімічних коефіцієнтів може бути наслідком метаморфічних процесів та гранітизації або свідчити про речовинні неоднорідності вихідних дометаморфічних порід.

Характер розподілу петрогенних компонентів, відображений на діаграмах Харкера (рис. 6), виразно демонструє узгоджену поведінку хімічного складу біотитових амфіболітів з амфіболітами і основними кристалосланцями славгородської товщі. Фігуративні точки складу обох груп порід утворюють окремі тренди, які закономірно доповнюють і узгоджуються один з одним, підкреслюючи єдину нерозривну тенденцію. Найбільш виразно спорідненість проявлена у поведінці алюмінію, заліза сумарного, магнію і кальцію. При цьому вміст того чи іншого петрогенного оксиду може бути суттєво інакшим, але завжди зі значним діапазоном перекриття. Наприклад, концентрація Al_2O_3 в біотитових амфіболітах обмежується інтервалом 12,6–17%, а в породах славгородської товщі — 13,9–19,8; вміст MgO — 3–7,8 і 5,45–13,54 відповідно.

Таблиця 4. Хімічний склад біотитових амфіболітів у районі б. Башмачка, %

Table 4. Chemical composition of biotitic amphibolites in the Bashmachka ravine area, %

Номер проби	180	181	Б-13	580
SiO_2	50	49	49,4	50
TiO_2	0,72	0,8	0,77	1,06
Al_2O_3	16,5	14	17	15,3
Fe_2O_3	3,2	3,33	3,1	5,01
FeO	5,32	7,81	6,39	6,37
MnO	0,21	0,24	0,21	0,19
MgO	6,8	8,8	7,2	5,45
CaO	8,55	9,7	10,5	9
Na_2O	4,5	3	3,2	3
K_2O	2	1,4	0,7	2,15
P_2O_5	0,135	0,12	0,148	0,207
$SO_{зар}$	0,025	0,038	0,05	0,095
В. п. п.	1,12	1,87	1,47	2,33
Сума	99,08	100,11	100,14	100,16
$Na_2O + K_2O$	6,5	4,4	3,9	5,15
Na_2O/K_2O	2,25	2,14	4,57	1,40
al'	1,08	0,70	1,02	0,91
$F_{зар}$	55,6	55,9	56,9	67,6

Примітка. $al' = Al_2O_3/(Fe_2O_3 + FeO + MgO)$, ваг. %; $F_{зар} = FeO + Fe_2O_3/(FeO + Fe_2O_3 + MgO)$, молекулярна кількість.

Note. $al' = Al_2O_3/(Fe_2O_3 + FeO + MgO)$, wt %; $F_{зар} = FeO + Fe_2O_3/(FeO + Fe_2O_3 + MgO)$, molecular content.

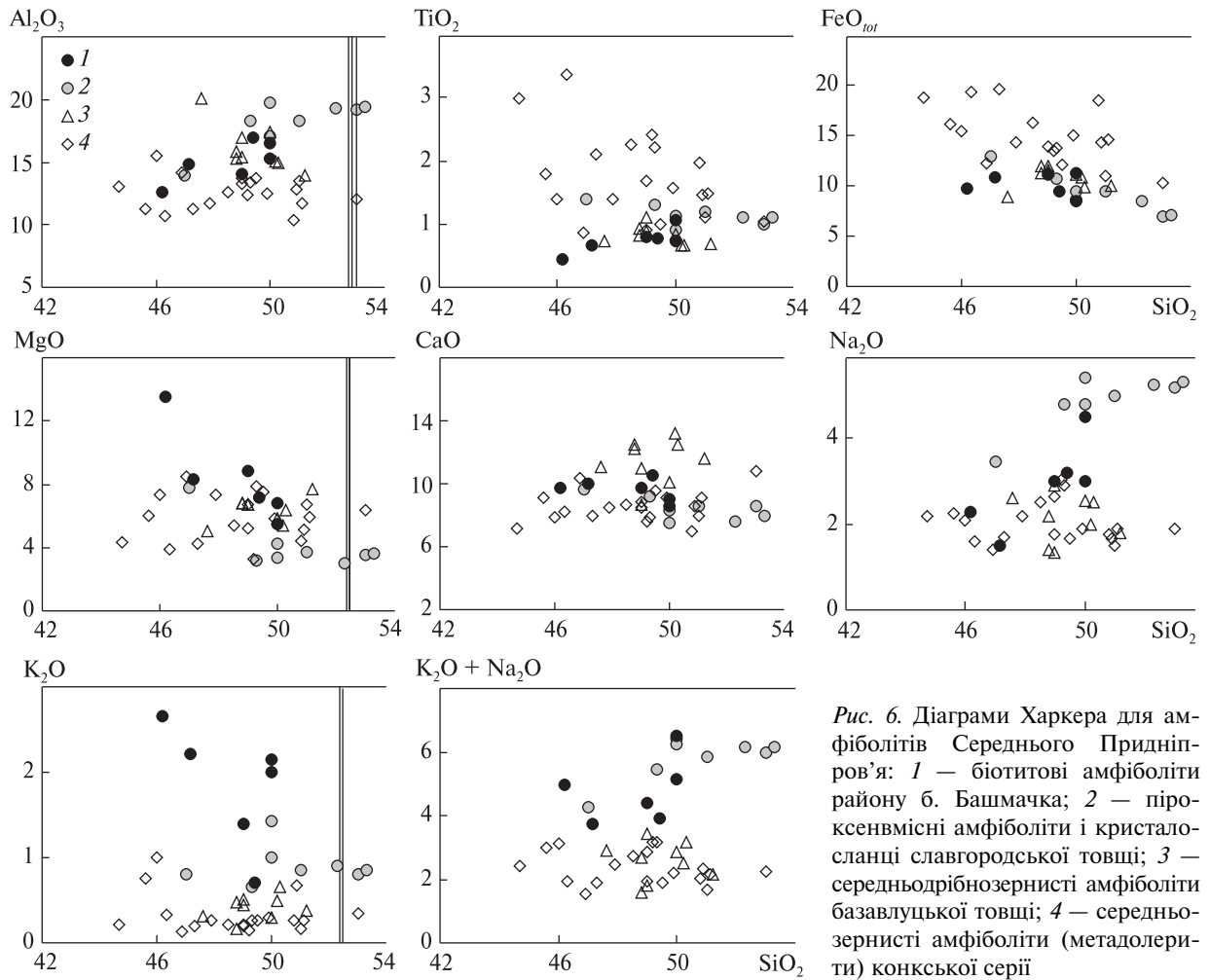


Рис. 6. Діаграми Харкера для амфіболітів Середнього Придніпров'я: 1 — біотитові амфіболіти району б. Башмачка; 2 — піроксенвмісні амфіболіти і кристалосланці славгородської товщі; 3 — середньодрібнозернисті амфіболіти базавлукської товщі; 4 — середньозернисті амфіболіти (метадолерити) конкської серії

Fig. 6. Harkers diagrams for amphibolites of the Middle Dnipro region: 1 — biotitic amphibolites of the Bashmachka ravine area; 2 — pyroxene-bearing amphibolites and basic crystalline schists of the Slavgorod strata; 3 — medium- and fine-grained amphibolites of the Bazavluk strata; 4 — medium-grained amphibolites (metadolerites) of the Konka series

Таблиця 5. Порівняльний вміст середніх значень деяких хімічних елементів у породах основного складу Середнього Придніпров'я з їхніми кларками по А.П. Виноградову

Table 5. Comparative average content of some elements in basic rocks of the Middle Dnipro region and bulk earth values by A.P. Vinogradov

Порода	Cr	Pb	Sn	Ni	Zn	Zr	Co	Cu	V	Li	Ag
	$n \cdot 10^{-3} \%$										$n \cdot 10^{-6} \%$
Біотитові амфіболіти, б. Башмачка	18	0,7	0,4	15	15	18	6	7	30	1,8	10
Амфіболіти і кристалосланці, Славгородський блок	14	0,5	0,23	7,6	10	20	4,6	14,6	24	0,9	5,0
Амфіболіти, басейн р. Базавлук	29,50	0,50	0,11	14,17	9,58	11,67	6,42	7,25	26,67	—	3,58
Метадолерити, Сурська ЗКС	28,34	0,52	0,17	17,2	12	30,91	9,33	9,82	28,33	—	2,67
Кларк Базальти і габро	20	0,8	0,15	16	13	10	4,5	10	20	1,5	10
Глини і сланці	10	2	1	9,5	8	20	2	5,7	13	6	10

Великий розкид фігуративних точок, характерний для оксидів лугів, вірогідно, вказує на їхню мобільність у ході процесів метаморфізму та мігматизації. Разом з тим сумарний вміст NaO і K₂O також демонструє задовільно виражений єдиний тренд еволюції біотитових амфіболітів та утворень славгородської товщі. Незначну неузгодженість відмічено лише для TiO₂: у перших зі зростанням вмісту SiO₂ вміст титану дещо збільшується, а в других — зменшується.

Необхідно зазначити, що за вмістом (у ваг. %) Al₂O₃, TiO₂, FeO + Fe₂O₃ біотитові амфіболіти добре зіставляються з амфіболітами базавлуцької товщі, а CaO — із зеленокам'яними утвореннями конкської серії. Проте в таких випадках вони зазвичай характеризуються відмінностями у напрямку ліній трендів, як це спостерігається для Al₂O₃ (рис. 6).

На діаграмі кремнезем — луги Кокса (рис. 7) у нормативному складі амфіболітів відмічено ромбічний піроксен, можуть з'являтися олівін та нефелін, кварцу немає. Такі ж особливості властиві й амфіболітам та основним кристалосланцям славгородської товщі, а metabaziti базавлуцької товщі та конкської серії відрізняються від них відсутністю олівіну й нефеліну та наявністю нормативного кварцу.

Закономірності розподілу розглянутих вище петрогенних компонентів у комплексі з даними про вміст деяких хімічних елементів (табл. 5), в тому числі групи заліза (V, Cr, Ni і Co), вказують на вірогідний магматичний генезис протоліту біотитових амфіболітів. За вмістом Ni, Co і Cu вони подібні до амфіболітів базавлуцької товщі; за концентрацією Sn і Li відмічається певна кореляція з утвореннями славгородської товщі; за вмістом V можна го-

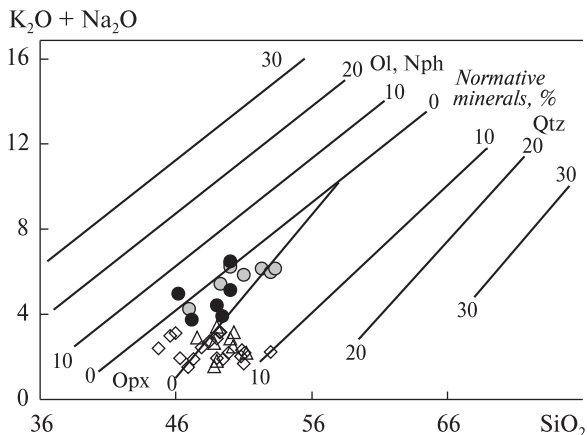


Рис. 7. Діаграма кремнезем — луги К.Г. Кокса для амфіболітів Середнього Придніпров'я. Умовні позначення див. на рис. 6

Fig. 7. Silica-alkali diagram of K.G. Cox for amphibolites of the Middle Dnipro region. Legend see on Fig. 6

ворити про їхнє зближення із метадолеритами ЗКС; вміст Cr, Pb, Zn і Ag загалом відповідає кларковому в основних магматичних породах і дещо відрізняється від значень в імовірних породах-аналогах. Як бачимо, відсутні стійкі геохімічні ознаки для розглянутих елементів, які давали би змогу корелювати біотитові амфіболіти з подібними утвореннями у складі відомих хроностратиграфічних підрозділів Середнього Придніпров'я.

Дані геотермобарометрії. Для з'ясування фізико-хімічних умов метаморфізму біотитових амфіболітів застосовувалися методи геотермобарометрії, адаптовані в середовищі *Microsoft Excel*. Тиск визначено за низкою геобарометрів (Hammarstrom & Zen, 1986; Hollister et al., 1987; Johnson & Rutherford, 1989; Schmidt, 1992), які базуються на оцінці вмісту алюмінію в амфіболі. Температуру розраховано за амфібол-біо-

Таблиця 6. Результати оцінки тиску для біотитових амфіболітів за вмістом алюмінію і температури за вмістом титану в амфіболі

Table 6. Results of estimation of pressure for biotitic amphibolites by aluminum content and temperature by content of titanium in amphibole

Джерело	181/3	181/6	181/9	181/12	581/5	581/7	581/9	581/12	581/14
<i>P</i> , кбар									
Hammarstrom & Zen, 1986	3,2	4,9	4,8	3,3	6,5	5,8	6,8	5,8	6,1
Hollister et al., 1987	3,3	5,2	5,0	3,4	7,0	6,2	7,3	6,1	6,5
Johnson & Rutherford, 1989	2,6	4,0	3,9	2,6	5,3	4,7	5,6	4,7	5,0
Schmidt, 1992	3,8	5,4	5,2	3,8	6,9	6,2	7,1	6,1	6,5
<i>T</i> , °C									
Otten, 1984	574,7	636,0	580,3	595,6	642,4	577,6	607,1	635,2	629,2

титовим геотермометром (Wu et al., 2002), а також за вмістом титану в біотиті (Luhr et al., 1984; Henry, 2002). Тиск і температуру оцінено за плагіоклаз-амфіболовим геотермометром (Blundy J.D. & Holland T.J.V., 1990), що базується на ітераційних розрахунках з використанням величини тиску (Anderson J.L. & Smith D.R., 1995) за різними геотермометрами.

Результати геотермометричних досліджень представлені в табл. 6—9. Детальний аналіз та інтерпретація отриманих даних дають змогу зробити певні висновки щодо ймовірного перебігу метаморфізму біотитових амфіболітів. Максимальні значення тиску 7,7 кбар відповідають максимальному зануренню вихідних порід на глибину до 25 км. За амфібол-біотитовим геотермометром головний етап метаморфізму відбувся за температури 640—650 °С. Враховуючи таку температуру з тенденцією до подальшого зростання, можна впевнено говорити про амфіболітову фацію метамор-

Таблиця 7. Результати оцінки температури за заданого значення тиску для біотитових амфіболітів за амфібол-біотитовим геотермометром

Table 7. Results of estimation of temperature for biotitic amphibolites by given pressure value by amphibole-biotite geothermometer

Точка		P, кбар	1	5	10	15
Amf	Bi					
181/6	181/7	T, °C	642	642	641	640
181/12	181/11		658	658	657	656
581/5	581/4		652	652	651	650
581/7	581/8		653	652	651	650
581/9	581/10		646	645	644	642

Таблиця 8. Результати оцінки температури для біотитових амфіболітів за вмістом титану в біотиті, °С

Table 8. Results of estimation of temperature for biotitic amphibolites by titanium content in biotite, °C

Джерело	181/7	181/11	581/3	581/4	581/8	581/10
Luhr et al., 1984	597,7	604,4	614,7	614,3	604,3	603,7
Henry, 2002	557,2	581,0	597,0	603,8	538,9	578,2

Таблиця 9. Результати оцінки температури і тиску для біотитових амфіболітів за плагіоклаз-амфіболовим геотермометром

T, °C		608,0	735,9	671,2	639,1	738,1	689,1	621,3	714,9	743,7
P, кбар		4,1	4,5	5,3	4,1	5,8	6,0	7,7	5,5	5,3
Точка	Amf	181/3	181/6	181/9	181/12	581/5	581/7	581/9	581/12	581/14
	Pl	181/13	181/5	181/10	181/13	581/6	581/6	581/11	581/13	581/13

фізму. Він досягнув свого піка за температури 744 °С, яка була спричинена суттєвим зниженням тиску до 5,8—5,3 кбар у режимі інтенсивного підняття даної ділянки земної кори. По досягненні цих параметрів породи зазнали часткового плавлення, почали утворюватися мігматити, що знизило температуру метаморфічної товщі нижче 700 °С. Найнижчі значення тиску та температури, які фіксуються для рогової обманки в каймі еденіту, відображають ретроградні метаморфічні зміни в парагенезисі з олігоклазом An_{17–22}. Тиск таких змін оцінюється у 2,6—4,1 кбар, а температура — 608—640 °С. Два температурні режими відображені у вмісті титану в амфіболі: 1) 629—642 °С може відповідати головному етапу метаморфізму, 2) 575—596 °С — ретроградним змінам.

Обговорення результатів. Біотитові амфіболіти, які відслонюються поблизу старої пристані на правому березі Дніпра в районі б. Башмачка, привертають увагу завдяки їхньому сублужному хімічному складу [11], що є нетиповим для утворень Середнього Придніпров'я. Серед архейських порід відомі лише дайки сієнітів і трахітів в асоціації з гранітами токівського комплексу (звіти про геологознімальні роботи О.М. Бестужева та ін., 2003; М.М. Шурка та ін., 2007). У протерозої укорінилися лужні та нефелінові сієніти Малотерсянського масиву, а також неметаморфізовані дайки камптонітів у межах Сурської ЗКС (З.В. Турובה, 1973). Віднесення біотитових амфіболітів до архею підтверджується виявленими ксенолітами серед плагіогранітоїдів дніпропетровського комплексу, вік яких у розташованому поруч кар'єрі (48°7'16" N, 35°3'5" E) визначений на рівні 3,04 млрд рр. [1]. Окрім цього, в них відмічається добре проявлена смугастість, яка узгоджується зі структурними елементами мігматитів, що додатково підтверджує факт існування біотитових амфіболітів на момент становлення дніпропетровського комплексу.

Необхідно зазначити, що в північно-західній стінці згаданого кар'єру відслонюються дві суб-

вертикальні дайки діабазів, які за підвищеним вмістом лугів Г.В. Артеменко також класифікував як сублужні габроїди. Проте за геолого-структурними та речовинними ознаками вони різко відмінні від описуваних амфіболітів, а саме: є дрібнозернистими масивними породами; виразно перетинають плагіогранітоїди дніпропетровського комплексу; не виявляють будь-яких ознак мігматизації; містять релікти піроксенів; інтенсивно епідотизовані, калішпатизовані з утворенням лінз (до 5–10 см) крупнокристалічного мікрокліну; мають суттєво вищий вміст Al_2O_3 за нижчих значень MgO і суми заліза. Як бачимо, факт укорінення дайок діабазів пізніше дніпропетровського комплексу є очевидним. Вірогідно, що це відбулося до становлення двопольовошпатових гранітів демуринського, мокромосковського і токівського комплексів.

На перший погляд, аналогами біотитових амфіболітів є середньодрібнозернисті амфіболіти базавлуцької товщі [12]. Вони мають подібні структурно-текстурні ознаки і мінеральний склад, локалізовані серед мігматитів дніпропетровського комплексу, зазнали низку не менш складних та інтенсивних тектоно-метасоматичних перетворень. Але "базавлуцькі" амфіболіти навіть у дрібних останцях розміром у перші десятки сантиметрів завжди зберігають притаманні нормальну лужність та приналежність до натрієвої серії; біотит у них трапляється дуже рідко і в кількості не більше 1 %, а плагіоклаз представлений переважно андезином. Такою ж мірою це стосується метагаброїдних порід у складі маловивченого олександрівського базит-ультрабазитового комплексу, для котрих також підвищений вміст лугів є невластивим. Зрідка відмічається зростання лужності в амфіболітах конкської серії, що складають крайові частини ЗКС [4], проте вони практично немігматизовані. Відсутність гранулітових мінеральних парагенезисів у біотитових амфіболітах віддаляє їх від утворень славгородської товщі [2, 5], хоча основні кристалосланці і амфіболіти в її складі мають підвищений вміст лугів $Na_2O + K_2O = 4,25–6,4$ % [3].

За петрохімічними ознаками метаморфічні породи б. Башмачка відрізняються від типових зеленокам'яних утворень конкської серії, добре зіставляються за вмістом Al_2O_3 , TiO_2 , $FeO + Fe_2O_3$ з амфіболітами базавлуцької товщі та формують єдиний узгоджений із піроксенвмісними амфіболітами і основними криста-

лосланцями славгородської товщі тренд варіацій усіх петрогенних компонентів, окрім TiO_2 . Враховуючи те, що основні метаморфіти славгородської товщі також характеризуються підвищеним вмістом лугів, питання хроностратиграфічної приналежності біотитових амфіболітів із високою ймовірністю вирішується саме на користь цього підрозділу.

За допомогою геотермобарометричних методів з'ясовано, що формування головного метаморфічного парагенезису біотит — амфібол (еденіт-паргасит) — плагіоклаз (олігоклаз-андезин) відбувалося в умовах зростання температури від 620 до 744 °C зі зниженням тиску 4,5–7,7 кбар, що відповідає умовам амфіболітової фації регіонального метаморфізму. Ретроградне утворення парагенезису рогова обманка — олігоклаз реалізувалось за температури близько 600 °C і тиску 4,1 кбар. Розраховані діапазони та екстремальні значення температури і тиску добре зіставляються з даними, отриманими для амфіболітів базавлуцької товщі в басейні р. Базавлучок [12]. У біотитових амфіболітах не виявлено значень температури і тиску гранулітового ступеня метаморфізму, що давало би можливість впевнено корелювати їх з більш ранніми утвореннями славгородської товщі. Разом з тим розподіл алюмінію в позиціях Al_{IV} і Al_{VI} в амфіболах на діаграмі В.В. Закруткина (рис. 4, б) допускає існування хіміко-термодинамічних умов, які відповідають гранулітій фації.

До цього необхідно додати, що віднесення біотитових амфіболітів до діафторованих утворень славгородського СФК знаходить підтримку у результатах більш ранніх досліджень. Так, В.І. Орса у своїх стратиграфічних побудовах певний обсяг суперкрудальних порід району Славгородських магнітних аномалій виділяв як дніпропетровську товщу. Для неї він відзначав складнішу, а відтак і тривалішу геологічну історію у порівнянні з базавлуцькою товщею та геолого-структурну спорідненість зі славгородською товщею. І.Б. Щербаков допускав [14], що дніпропетровська товща складена продуктами перетворення гранулітів і повинна бути віднесена до славгородської товщі. Існування різною мірою діафторованих фрагментів гранулітових утворень за межами Славгородського блоку передбачав О.Б. Бобров, на що неодноразово наголошував у своїх роботах [2, 3, 5 та ін.].

Висновки. За результатами виконаного геолого-петрологічного співставлення біотитових

амфіболітів з імовірними породними аналогами у складі відомих хроностратиграфічних підрозділів виявлена їхня спорідненість з утвореннями славгородської товщі. Передбачається, що у загальному розрізі товщі [5] біотитові амфіболіти залягають нижче стратиграфічного рівня піроксенвмісних амфіболітів і кристалосланців, з якими їх порівнювали.

Відсутність у біотитових амфіболітах гранулітових мінеральних парагенезисів пояснюється розташуванням дослідженого району фактично за межами Славгородського блоку, де значною мірою проявився діафторез в умовах регіонального метаморфізму амфіболітової фації, супроводжений потужним ультраметаморфізмом. Своєрідними реліктовими ознаками гранулітової фації, яка передувала амфіболітової, можна вважати особливості хімічного складу амфіболів, зокрема розподіл Al_{IV} і Al_{VI} .

Отримані дані швидше за все свідчать про успадкований від первинних порід підвищений вміст лугів у біотитових амфіболітах, аніж про набутий породами нормальної лужності

під впливом постгенетичних процесів: гранітизації, метасоматозу, тектоніки. Їх формування відбувалося не пізніше мезоархею до або під час становлення плагіогранітоїдів дніпропетровського комплексу. Попередньо можна зробити висновок, що вони утворилися за рахунок основних магматичних порід підвищеної лужності ефузивної або інтрузивної фації: трахібазальтів або сублужних габро. Можливі геодинамічні обстановки формування таких низькотитанистих базальтоїдів калій-натрієвої сублужної серії — островодужні або окраїнно-континентальні. Але питання природи та умов формування протоліту біотитових амфіболітів і петрохімічно споріднених із ними утворень славгородської товщі потребує додаткових досліджень з урахуванням наявної хімічної неоднорідності описаних порід.

Автор щиро вдячний С.Г. Кривдіку за цінні поради в процесі підготовки статті та Г.В. Артеменуку за додаткові геологічні матеріали по території досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артеменко Г.В., Татарінова Е.А., Демедюк В.В., Швайка І.А. Возраст гранитоидов Славгородского блока (Среднеприднепровский мегаблок) // Доп. НАН України. — 2004. — № 8. — С. 118—123.
2. Бобров О.Б. Славгородський чарнокіт-гранулітовий структурно-формаційний комплекс Українського щита. Стаття 1. Проблеми ідентифікації і поширення // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2010. — № 3—4. — С. 11—16.
3. Бобров А.Б., Кирилюк В.П., Гошовський С.В., Степанюк Л.М., Гурський Д.С., Лысак А.М., Сиворонов А.А., Безвинний В.П., Зюльцле В.В., Приходько В.Л., Шпильчак В.А. Гранулитовые структурно-формационные комплексы Украинского щита — европейский эталон. — Львов : ЗУКЦ, 2010. — 160 с.
4. Бобров А.Б., Колий В.Д., Сукач В.В., Эль Айаши Абдельхак Особенности метаморфизма пород Сурской зеленокаменной структуры (Украинский щит, Среднее Приднепровье) // Минерал. журн. — 1997. — 19, № 4. — С. 61—70.
5. Бобров О.Б., Лысак А.М., Лисенко О.А., Меркушин І.Є., Шпильчак В.О., Степанюк Л.М. Славгородський чарнокіт-гранулітовий структурно-формаційний комплекс Українського щита. Стаття 2. Геологія та петрографія стратифікованих утворень // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2011. — № 1. — С. 9—20.
6. Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеваєвський Є.Б., Скобелев В.М., Дранник А.С., Гейченко М.В. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.). — К. : УкрДГРІ, НСК України, 2004. — 29 с.
7. Кирилюк В.П., Колий В.Д., Лаїманов В.И., Лысак А.М., Паранко І.С., Пащенко В.Г., Свешников К.И., Сиворонов А.О., Смоголюк А.Г., Яценко Г.М., Берзенин Б.З. Карта геологических формаций докембрия Украинского щита : Объясн. зап. — 1 : 500 000. — Киев : ЦТЭ, 1991. — 116 с.
8. Орс В.И. Петрология гранито-гнейсового комплекса Среднего Приднепровья. — Киев : Наук. думка, 1973. — 169 с.
9. Сиворонов А.А., Сирота М.Г., Бобров А.Б. Тектоническое строение фундамента Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области // Геол. журн. — 1983. — 43, № 6. — С. 52—64.
10. Сукач В.В. Стратиграфія і магматизм зеленокам'яних комплексів Середнього Придніпров'я на прикладі Сурської структури // Мінер. ресурси України. — 2005. — № 4. — С. 29—34.
11. Сукач В.В. Сублужні метаморфізовані габроїди Середнього Придніпров'я // Тези IV наук.-виробн. нар. геологів-зйомщиків України. — Дніпропетровськ, 2007. — С. 51—52.
12. Сукач В.В. Петрогенезис амфіболітів аульської серії басейну р. Базавлучок, Середньопридніпровський мегаблок Українського щита // Мінерал. журн. — 2015. — 37, № 1. — С. 69—84.

13. Шпильчак В.О., Манюк В.В., Сукач В.В., Некряч А.І. Державна геологічна карта України. Аркуш М-36-XXXVI (Дніпропетровськ) : Поясн. зап. — 1 : 200 000. — К. : УкрДГРІ, 2006. — 169 с.
14. Щербак І.В. Петрологія Українського щита. — Львов : ЗУКЦ, 2005. — 364 с.

Надійшла 21.12.2015

REFERENCES

- Artemenko, G.V., Tatarinova, E.A., Demedjuk, V.V. and Shvajka, I.A. (2004), *Dopovidi NAS of Ukraine*, Kyiv, No 8, pp. 118-123.
- Bobrov, O.B. (2010), *Proc. of UkrSGRI*, Kyiv, Ukraine, No 3-4, pp. 11-16.
- Bobrov, O.B., Kirilyuk, V.P., Stepanyuk, L.M., Gurskiy, D.S., Lysak, A.M., Sivoronov, A.O., Bezyvnyy, V.P., Zulzle, V.V., Pryhodko, V.L. and Shpylchak, V.O. (2010), *Granulitic structural-formational complexes of the Ukrainian Shield - European etalon*, ZUKZ, Lviv, Ukraine, 160 p.
- Bobrov, O.B., Koliy, V.D., Sukach, V.V. and Abdelhak, El Ayashi (1997), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Kyiv, Vol. 19 No 4, pp. 61-70.
- Bobrov, O.B., Lysak, A.M., Lysenko, O.A., Merkusyhn, I.Ye., Shpylchak, V.O. and Stepanyuk, L.M. (2011), *Proc. of UkrSGRI*, Kyiv, Ukraine, No 1, pp. 9-20.
- Yesipchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevaskiy, E.B., Skobelev, V.M., Drannik, V.S. and Geichenko, M.V. (2004), *Correlated chronostratigraphic scheme of Early Precambrian of the Ukrainian Shield (scheme and explanatory note)*, UkrSGRI, NSC Ukraine, Kyiv, 29 p.
- Kirilyuk, V.P., Koliy, V.D., Lashmanov, V.I., Lysak, A.M., Paranko, I.S., Pashchenko, V.G., Sveshnykov, K.I., Sivoronov, A.O., Smogolyuk, A.G., Yatsenko, G.M. and Berzenin, B.Z. (1991), *Map of geological formations of the Ukrainian Shield, Explanatory note, 1 : 500 000*, СТЕ, Kyiv, Ukraine, 116 p.
- Orsa, V.I. (1973), *Petrology of granito-gneissic complex of the Middle Dnipro*, Naukova dumka, Kyiv, 169 p.
- Sivoronov, A.O., Sirota, M.G. and Bobrov, O.B. (1983), *Geol. Journ.*, Kyiv, Ukraine, Vol. 43 No 6, pp. 52-64.
- Sukach, V.V. (2005), *Mineral. resource of Ukraine*, Kyiv, Ukraine, No 4, pp. 29-34.
- Sukach, V.V. (2007), *Abstr. of the 4th sci.-prod. meet. of mapping geologist of Ukraine*, Dnipropetrovsk, Ukraine, pp. 51-52.
- Sukach, V.V. (2015), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Kyiv, Vol. 37 No 1, pp. 69-84.
- Shpylchak, V.O., Malyuk, V.V., Sukach, V.V. and Nekryach, A.I. (2006), *State geological map of Ukraine, Sheet M-36-XXXVI (Dnipropetrovsk), Explanatory note, 1 : 200 000*, UkrSGRI, Kyiv, 169 p.
- Shcherbakov, I.B. (2005), *Petrology of the Ukrainian Shield*, ZUKZ, Lviv, Ukraine, 364 p.

Received 21.12.2015

В.В. Сукач

Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеновко НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр. Акад. Палладина, 34
E-mail: svital@ukr.net

СУБЩЕЛОЧНЫЕ БИОТИТОВЫЕ АМФИБОЛИТЫ РАЙОНА БАЛКИ БАШМАЧКА, СРЕДНЕЕ ПРИДНЕПРОВЬЕ

Субщелочные биотитовые амфиболиты представлены разного размера реликтовыми телами и мелкими ксенолитами среди вмещающих плагиогранит-мигматитов днепропетровского комплекса возле западной границы Славгородского блока в Среднем Приднепровье. Они образовались не позднее 3,04 млрд лет назад. Главный минеральный парагенезис эденит-паргасит — олигоклаз-андезин — биотит сформировался в интервале температуры 620—744 °С и давления 4,5—7,7 кбар, что соответствует условиям амфиболитовой фации регионального метаморфизма. Образование ретроградного парагенезиса роговая обманка — олигоклаз реализовалось при температуре около 600 °С и давлении 4 кбар. Свообразным реликтовым признаком гранулитовой фации, которая предшествовала амфиболитовой, можно считать характерное для "гранулитовых" амфиболов распределение Al_{IV} и Al_{VI} . По результатам геолого-петрологического сопоставления выявлена связь биотитовых амфиболитов с пироксенсодержащими амфиболитами и основными кристаллосланцами славгородской толщи. Предполагается, что повышенное содержание щелочей в амфиболитах унаследовано от первичномагматических субщелочных основных пород эффузивной или интрузивной фаций — трахибазальтов или субщелочных габбро.

Ключевые слова: биотитовые амфиболиты, субщелочные породы, архей, славгородская толща, аульская серия, балка Башмачка, Среднее Приднепровье, Украинский щит.

V.V. Sukach

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy
and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladina Pr., Kyiv-142, Ukraine, 03680
E-mail: svital@ukr.net

**SUBALKALINE BIOTITIC AMPHIBOLITES OF THE BASHMACHKA
RAVINE AREA, THE MIDDLE DNIPRO REGION**

The results of the research of subalkaline biotitic amphibolites near the western borders of the Slavgorod block in the Middle Dnipro region are expounded in the article. They expose on the right bank of the Dnipro river in the Bashmachka ravine area. These rocks are mainly massive, medium-grained and presented by relict bodies in different scale and small xenoliths in hosted plagiogranites and migmatites of the Dnipropetrovsk complex. This structural position indicates that their protolith was originated in Archean, no later than 3.04 Ga (the age of plagiogranites and migmatites). Main mineral paragenesis edenite-pargasite — oligoclase-andesine — biotite was formed in the temperature interval 620—744 °C and pressures 4.5—7.7 kbar, that meets the conditions of amphibolitic facies of regional metamorphism. Formation of hornblende — oligoclase retrograde paragenesis was realized at a temperature about 600 °C and pressure 4 kbar. Specific relict indication of granulitic facies, which preceded amphibolitic one, may be considered the distribution of aluminium Al_{IV} and Al_{VI} characteristic of "granulitic" amphiboles. Geological-petrological connection of biotitic amphibolites with pyroxene-bearing amphibolites and basic crystalline schist of the Slavgorod strata is found out by the results of comparison with probable rock analogues in the known subdivisions of the Chronostratigraphic chart. It is assumed that high content of alkali elements in biotitic amphibolites is inherited from initially subalkaline magmatic basic rocks of effusive or intrusive facies — trachybasalts or subalkaline gabbros.

Keywords: biotitic amphibolites, subalkaline rocks, Archean, Slavgorod strata, Auly series, Bashmachka ravine, Middle Dnipro region, Ukrainian Shield.