

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

ПЕТРОГЕНЕЗИС АМФІБОЛІТІВ АУЛЬСЬКОЇ СЕРІЇ БАСЕЙНУ р. БАЗАВЛУЧОК, СЕРЕДНЬОПРИДНІПРОВСЬКИЙ МЕГАБЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Викладено результати петрологічних досліджень архейських амфіболітів Середньопридніпровського мегаблоку Українського щита, що входять до складу базавлуцької товщі аульської серії. Виділено однорідний середньодрібнозернистий та порфіробластичний петрографічні типи амфіболітів, головний мінеральний парагенезис яких представлений кальцієвим амфіболом еденіт-паргаситової серії та середнім плагіоклазом — андезином. Вони сформувалися за температури 650—740 °С і тиску 5—8 кбар, що відповідає амфіболітовій фації прогресивного регіонального метаморфізму. Регресивні зміни представлені актинолітом, олігоклазом, епідотом, кліноцоїзитом, зрідка біотитом, хлоритом, кварцом. Поодинокі зерна бітовніту, виявлені в однорідних середньодрібнозернистих амфіболітах, ймовірно, належать до реліктового мінерального парагенезису вихідних дометаморфічних порід. З'ясовано, що протолітами амфіболітів були базальти і долерити. За хімічним складом це помірно глиноземисті, магнезійно-залізисті, помірно титаністі (до 1 % TiO_2) породи нормального ряду толейтової серії, серед яких виділяються олівінові та толейтові базальти. Вони сформувалися в умовах стиснення земної кори в неоканічних обстановках, що найкраще зіставляються з сучасними острівними дугами.

Ключові слова: амфіболіти, архей, аульська серія, амфіболітова фація метаморфізму, первинна природа, геодинамічне положення, Середньопридніпровський мегаблок, Український щит.

Вступ. Амфіболіти Середньопридніпровського мегаблоку Українського щита (УЩ) згідно з "Кореляційною хроностратиграфічною схемою раннього докембрію Українського щита" [2] (далі — Схема) присутні в розрізах трьох стратиграфічних підрозділів архею: аульської та конкської серій, а також славгородської товщі.

Основний обсяг амфіболітів належить до базавлуцької товщі аульської серії палеоархею [2, 7, 15], у складі якої вони асоціюють із кристалосланцями та плагіогнейсами. До затоплення берегів Дніпра водами Дніпродзержинського водосховища стратотип теперішньої аульської серії знаходився біля с. Аули. Тепер репрезентативні розрізи цього стратиграфічного рівня зафіксовані в басейні р. Базавлук з потужними відслоненнями метаморфічних порід вздовж берегів її правої притоки — р. Базавлук.

У складі мезоархейської конкської серії амфіболіти беруть участь у будові крайових частин зеленокам'яних структур (ЗКС) як нижня частина розрізу сурської світи.

Незначний обсяг амфіболітів відмічається в асоціації з піроксенвмісними кристалосланцями і гнейсами славгородської товщі, ксеноліти якої серед гранітоїдів відомі в Славгородському блоці та західніше від нього. Згідно з геологічними даними, вони є палеоархейськими і в стратиграфічних схемах розміщені нижче від порід аульської серії [2].

Постановка проблеми та ступінь її вивченості. Найбільш ранній етап вивчення амфіболітів пов'язаний з роботами І.С. Усенка в 1940-х рр. [17 та ін.], в яких викладені загальні уявлення про їхнє розповсюдження і особливості речовинного складу.

Протягом наступного етапу (друга половина ХХ ст.) В.І. Орса, М.П. Семененко, І.М. Бордунов, М.М. Доброхотов, В.Л. Бойко, А.М. Ли-

© В.В. СУКАЧ, 2015

сак, А.О. Сіворонов, Б.З. Берзенін, О.А. Гончар, С.Г. Воронова, О.Б. Бобров, В.С. Заїка-Новацький та ін. виконали низку комплексних науково-виробничих досліджень. За отриманими даними виділено та задокументовано головні ділянки поширення суперкрустальних утворень, у тому числі амфіболітів, встановлено їхні петрографічні та петрохімічні особливості [12], з'ясовано загальні умови петрогенезису [8], виконано формаційне та стратиграфічне розчленування [7] і зроблено висновки щодо природи протоліту [6].

Новітній етап досліджень — це роботи останніх 10—15 років, які мали переважно геохронологічне та геолого-формаційне спрямування [11, 13—16, 18]. Були отримані мезоархейські значення віку амфіболітів з с. Шолохове (3,18 і 3,07—3,08 млрд рр.) [11] і біля с. Слов'янка (3,08 млрд рр.) [13], які вказують на необхідність перегляду закріплених у чинній Схемі [2] геологічних побудов. Питання геохронологічного датування потребує окремого розгляду, тому в цій статті нижче воно висвітлене в загальному вигляді.

Отже, після виконаних В.І. Орсою [8] у 1970-х рр. досліджень граніто-гнейсового комплексу Середнього Придніпров'я, в тому числі амфіболітів, питанням петрології суперкрустальних утворень приділялась недостатня увага. Великий обсяг нового фактичного матеріалу, отриманого за останні десятиріччя, знайшов своє відображення лише в небагатьох вказаних вище роботах. Тому продовження започаткованих майже півстоліття тому петрологічних досліджень амфіболітів як типових представників глибокометаморфізованих архейських породних комплексів Українського та інших докембрійських щитів є, безумовно, актуальним і необхідним.

Об'єкт і мета досліджень. Об'єктом досліджень є опорні відслонення амфіболітів аульської серії в середній течії р. Базавлучок, правої притоки р. Базавлук, у районі сіл Петропавлівка, Новоіванівка, Тарасо-Григорівка. На відміну від району с. Шолохове [16], належність утворень цієї ділянки до аульської серії не викликає жодного сумніву. Вперше вони були описані М.П. Семененком у 1948 р. [12] і територіально виділені як Новоіванівська ділянка (рис. 1). Використаний у дослідженні фактичний матеріал отриманий особисто автором під час виконання роботи "Геолого-формаційне вивчення фундаменту зелено-

кам'яних структур Середньопридніпровського геоблоку УЩ" (В.В. Сукач та ін., 2006 р., фонди ДНВП "Геоінформ України" та Українського державного геологорозвідувального інституту (УкрДГРІ)) і польових експедицій УкрДГРІ у 2009 р. та Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України у 2012—2013 рр.

Мета досліджень — з'ясувати особливості петрогенезису та еволюції амфіболітів басейну р. Базавлучок, що виділяються в складі базавлучкої товщі аульської серії. Для досягнення мети виконано: детальні польові роботи; мінералого-петрографічна, петрохімічна та геохімічна характеристики головних породних різновидів; з'ясування природи протоліту, геодинамічних умов його формування та метаморфічних перетворень.

Геологічний нарис. Амфіболіти в складі аульської серії мають повсюдне поширення в межах Середньопридніпровського мегаблоку УЩ — типової граніт-зеленокам'яної області. Внаслідок інтенсивного мезоархейського ультраметаморфізму, який завершився 3,08 млрд рр. тому [1], від раніше єдиної метаморфічної товщі залишилися лише поодинокі останці або групи зближених останців. У плані вони утворюють своєрідні смуги та лінзи, що прослідковуються за простяганням на відстані від перших метрів до перших кілометрів, потужність їх становить від сантиметрів до сотні метрів, інколи до 1—1,5 км (рис. 1). За просторовим розміщенням та конфігурацією останців можна відтворити внутрішню складчасту будову реліктової суперкрустальної товщі, як для Саксаганського купола [15]. Метаморфічні породи разом із утвореними за їх рахунок мігматитами і плагіогранітоїдами дніпропетровського комплексу об'єднуються в аульський структурно-формаційний комплекс (СФК), що виступає в ролі основи, на якій сформувалися зеленокам'яні структури.

Частка суперкрустальних утворень у складі СФК у середньому по регіону складає близько 10 %. Головні ділянки їхнього поширення представлені відслоненнями у басейнах рік Базавлук, Базавлучок і Саксагань, а також у керні свердловин, пробурених східніше від Конкської та в облямуванні Сурської й Білозерської зеленокам'яних структур. В останцях амфіболіти чергуються з кристалосланцями і гнейсами або найчастіше утворюють монопородні тіла. У випадку наявності прожилків

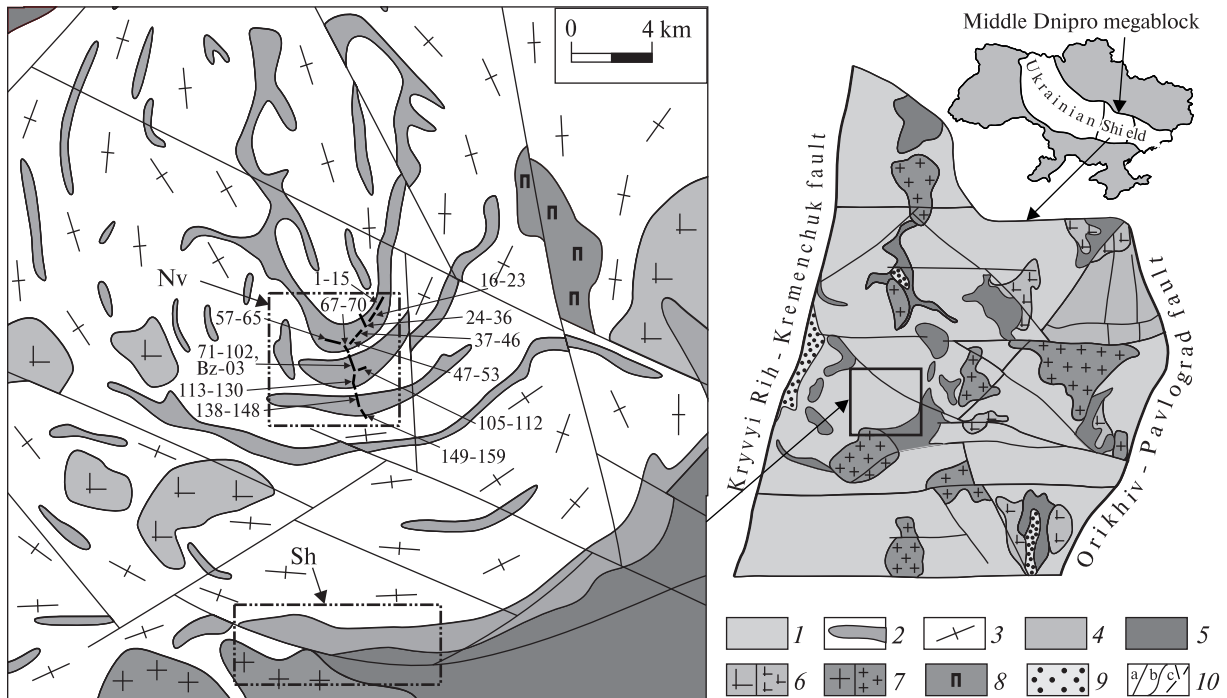


Рис. 1. Схематична геологічна карта району досліджень: Nv — Новоіванівська ділянка, Sh — Шолохівська ділянка; 1 — нерозчленовані утворення аульського структурно-формаційного комплексу (СФК), 2 — амфіболіти в асоціації з кристалосланцями та плагіогнейсами (останці аульської серії), 3 — мігматити, 4 — утворення славгородського СФК, 5 — зеленокам'яні утворення конкської серії, 6 — інтрузивні плагіогранітоїди, 7 — двополювошпатові граніти, 8 — пегматити, 9 — породи білозерської і криворізької серій, 10a — геологічні границі, 10b — розломи, 10c — лінії геологічних маршрутів (стрілками показано розміщення точок опробування з 1 по 159 і Bz-03)

Fig. 1. Schematic geological map of the studied district: Nv — Novoivanivka area, Sh — Sholokhove area; 1 — un-differentiated rocks of Auly structural-formational complex (SFC), 2 — amphibolites in assemblage with crystalline schists and plagiogneisses (remnants of Auly series), 3 — migmatites, 4 — rocks of Slavgorod SFC, 5 — greenstone rocks of Konka series, 6 — intrusive plagiogranites, 7 — two-feldspathic granites, 8 — pegmatites, 9 — rocks of Bilozerka and Kryvyi Rih series, 10a — geological boundaries, 10b — faults, 10c — lines of geological routes (arrows show position of samples from the 1st to 159th and Bz-03)

неосомного гранітоїдного матеріалу тіла набувають виразного вигляду шаруватої товщі.

Досліджена Новоіванівська ділянка в басейні р. Базавлучок характеризується такими сприятливими для вивчення особливостями: зростання обсягу збережених від ультраметаморфізму суперкрудальних порід до 50 % у порівнянні з 10 % загалом для Середнього Придніпров'я; останці представлені великими суцільними фрагментами метаморфічної товщі розміром до перших кілометрів; у складі суперкрудальної асоціації домінують амфіболіти; порівняно високий ступінь відслоненості кристалічних порід, особливо на відрізку долини р. Базавлучок поблизу сіл Новоіванівка, Тарасо-Григорівка. За даними А.М. Лисака і А.О. Сіворонова [7], розріз суперкрудальних порід у басейні р. Базавлучок нарощується з півночі на південь, починаючи від с. Петропавлівка униз за

течією. Знизу вгору відмічається поступове зростання кількості амфіболітів по відношенню до кристалосланців і плагіогнейсів.

Мінералого-петрографічна характеристика.

Амфіболіти Новоіванівської ділянки — це сірі, темно-сірі до чорних із зеленуватим відтінком породи масивної або сланцюватої текстури, середньодрібно- або середньозернистої, інколи порфіробластичної структури. У відслоненнях вони мають грубошарувату будову (рис. 2) та утворюють плитчасту, щербеністу або дрібнобрилову відокремленість. За структурно-текстурними ознаками добре впізнавані в розрізах щонайменше два типи амфіболітів: 1) однорідні середньодрібнозернисті; 2) порфіробластичні. На жаль, морфологія утворюваних ними геологічних тіл і контактів взаємовідношення внаслідок недостатньої відслоненості залишаються нез'ясованими. Зазначимо, що раніше

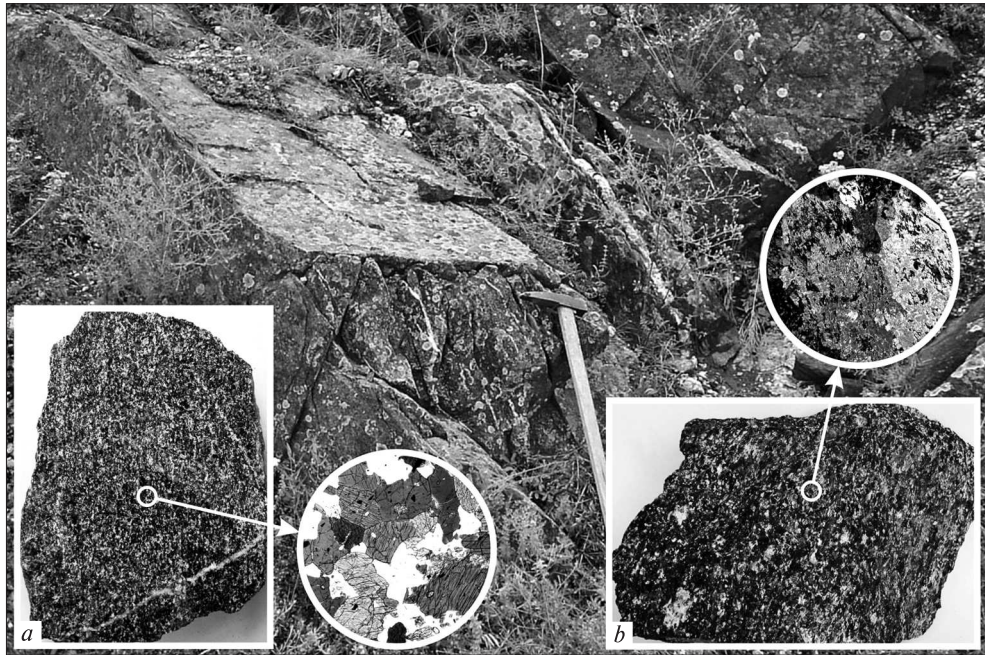


Рис. 2. Фрагмент відслонень амфіболітів в басейні р. Базавлучок і головні петрографічні типи амфіболітів: *a* — однорідні середньодрібнозернисті (зр. 57), фото шліфа без аналізатора; *b* — порфіробластичні середньозернисті (зр. 94), фото шліфа в схрещених ніколях

Fig. 2. Outcropped fragment of amphibolites in Bazavluchok river basin and main petrographic types of amphibolites: *a* — homogeneous medium- and fine-grained (sample 57), thin section picture without analyzer; *b* — porphyroblastic medium-grained (sample 94), thin section picture in crossed nicols

виділені нами дрібнозернисті тонкосмугасті амфіболіти Шолохівської ділянки [15] мають невизначене стратиграфічне положення і в цій роботі не розглядаються.

Амфіболіти однорідні середньодрібнозернисті (рис. 2, *a*) — це слабосланцюваті та масивні породи однорідної середньодрібнозернистої нематобластової структури з деякими варіаціями вмісту породоутворювальних мінералів, %: амфібол — 50—80, плагіоклаз — 10—40, кварц — 1—5, епідот — 1—5, біотит — 0—5, гранат — 0—3. Амфібол представлений кальцієвими різновидами (табл. 1), фігуративні точки хімічного складу яких утворюють компактне скупчення на межі областей еденіту та паргаситу, збагачених залізом (рис. 3, *a*). Іноді по краях зерен амфібол (еденіт-паргасит) заміщується актинолітом, а також дрібними лусками біотиту і хлориту вздовж тріщин спайності. Форма зерен переважно видовжена (1—2 до 4—5 мм) неправильна; поширеними є також добре сформовані кристали призматичної форми з чіткими бічними гранями та зазубреними краями. В поперечних перетинах вони мають ізометричну, іноді шестикутну або ромбоїдну форму з чіткими лініями спайності. Еденіт-паргасит може містити включення кварцу.

Плагіоклаз представлений андезином, рідше олігоклазом (табл. 2; рис. 3, *b*) і одиничними зернами бітовніту. Останній відмічається лише в реліктових виділеннях розміром до 2 мм, які мають слабо виражену двійникову штриховку. Широкі двійники мало помітні, частіше зовсім не проглядаються. Натомість олігоклаз-андезиновий плагіоклаз (зерна розміром 0,5—1, зрідка до 2 мм) має чіткі тонкі двійники. Інколи зерна бітовніту вміщують більш "свіжі" неправильної форми виділення плагіоклазу андезинового складу.

Мінерали групи епідоту представлені власне епідотом і кліноцоїзитом. Вони спостерігаються у вигляді діабластичних зростань з кварцом, що оточують зерна амфіболу; псевдоморфно заміщують амфібол; розвиваються у вигляді дрібних включень у плагіоклазі; виповнюють мікропрожилки. Іноді в епідоті містяться включення кристалів ортиту.

Гранат розглядається як метасоматичний мінерал, який з'являється поблизу магнетит-гранат-кварцових лінзоподібних метасоматичних зон в амфіболітах. Інколи поодинокі зерна гранату приурочені до зальбандів плагіогранітоїдних прожилків. Виділення гранату мають ізометричну, іноді близьку до шестикутної

форму і розмір 0,5–1 мм, зазвичай оточені каймою дрібних зерен плагіоклазу.

Біотит, як зазначено, спостерігається як вторинний мінерал вздовж ліній спайності амфіболу. Розмір виділень близько 0,5, подекуди — до 2 мм.

Амфіболіти порфіробластичні (рис. 2, b) у порівнянні з однорідними середньодрібнозернистими є менш поширеними. Начастіше відмічені у відслоненнях західніше с. Петропавлівка. Макроскопічно це масивні, середньо-, іноді крупнозернисті порфіробластичні породи, що складаються з, %: амфіболу — 40–80, плагіоклазу — 20–60, епідоту — 0–5, інколи є кварц у кількості до 1–3. Незважаючи на суттєві коливання вмісту амфіболу, всі відміни, зокрема

Таблиця 1. Середній хімічний склад та формульні коефіцієнти амфіболів із амфіболітів аульської серії, %
Table 1. Average chemical composition and formula coefficients of amphiboles from Auly series amphibolites, %

Номер проби	61	157	61	157
Мінерал	Еденіт-паргасит		Актиноліт	
			Амфібол (рогова обманка)	
SiO ₂	45,40	44,41	54,14	50,37
TiO ₂	0,60	0,59	0,00	0,14
Al ₂ O ₃	12,30	12,42	4,19	7,19
FeO*	15,43	17,85	10,35	15,08
MgO	11,04	9,67	17,23	13,09
MnO	0,16	0,00	0,02	0,00
CaO	11,77	12,57	11,77	12,54
Na ₂ O	2,46	2,17	2,06	1,45
K ₂ O	0,83	0,34	0,23	0,15
Сума	100,00	99,99	99,99	100,01
Si	6,57	6,50	7,53	7,19
Al ^{IV}	1,43	1,50	0,47	0,81
Al ^{VI}	0,67	0,64	0,22	0,40
Ti	0,07	0,06	0,00	0,02
Fe ³⁺	0,15	0,11	0,14	0,12
Fe ²⁺	1,72	2,07	1,06	1,68
Mn	0,02	0,00	0,00	0,00
Mg	2,38	2,11	3,57	2,79
Ca	1,82	1,97	1,75	1,92
Na	0,69	0,61	0,56	0,40
K	0,15	0,06	0,04	0,03
n	5	4	2	1

Примітка (тут і у табл. 2). FeO* — загальний вміст заліза, n — кількість визначень, аналізи виконано в УкрДГПІ на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-102-02.

Note (here and in Table 2). FeO* — total content of iron, n — the number of tests, samples were analyzed by scanning electron microscope-microprobe REMMA-102-02 in UkrSGRI.

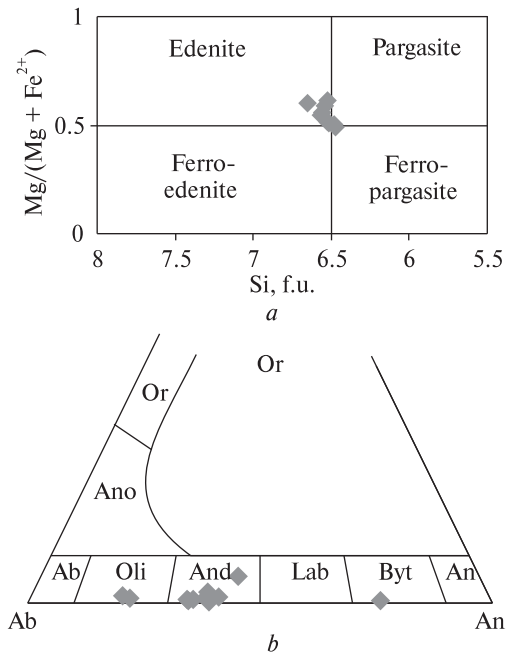


Рис. 3. Положення амфіболів і плагіоклазів із амфіболітів аульської серії на класифікаційних діаграмах: a — для амфіболів, які задовольняють умови $C_{AB} \geq 1,5$, $(Na + K)_A < 0,5$, $Ti < 0,5$ (Leake et al., 1997); b — для плагіоклазів в координатах Ab — Or — An

Fig. 3. Position of amphiboles and plagioclases from Auly series amphibolites on classification diagrams: a — for amphiboles, which satisfy the conditions $C_{AB} \geq 1,5$, $(Na + K)_A < 0,5$, $Ti < 0,5$ (Leake et al., 1997); b — for plagioclases in coordinates Ab — Or — An

Таблиця 2. Середній хімічний та мінеральний склад плагіоклазів із амфіболітів аульської серії, %

Table 2. Average chemical and mineral composition of plagioclases from Auly series amphibolites, %

Номер проби	61	157	61	157
Мінерал	Андезин		Олігоклаз	
			Бітовніт	
SiO ₂	54,66	54,66	54,66	45,33
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	25,94	25,94	25,94	32,70
FeO*	0,17	0,17	0,17	0,01
MgO	2,42	2,42	2,42	1,06
Ca	8,84	8,84	8,84	17,75
Na ₂ O	7,51	7,51	7,51	3,07
K ₂ O	0,45	0,45	0,45	0,09
Сума	100,00	100,00	100,00	100,01
A	38,49	38,49	38,49	75,81
A	59,16	59,16	59,16	23,73
Kfs	2,36	2,36	2,36	0,46
n	5	3	2	2

Таблиця 3. Хімічний та нормативний склад амфіболітів аульської серії басейну р. Базавлучок, %
 Table 3. Chemical and normative composition of Auly s erites amphibolites in Bazavluchok River basin, %

Номер проби	7	53	57	64	67	98	104	153	157	55	62	89	91	123	155	Вк-03
Порода	<i>Амфіболіти однорідні дрібносередньозернисті</i>															
SiO ₂	48,80	49,00	50,30	47,60	49,00	51,20	50,00	50,20	48,80	46,00	47,80	48,20	48,20	50,30	49,50	46,96
TiO ₂	0,81	1,10	0,66	0,73	0,88	0,69	0,83	0,67	0,92	0,42	0,73	0,59	0,51	0,80	0,47	0,26
Al ₂ O ₃	15,80	17,00	15,00	20,10	15,40	13,90	17,40	15,10	15,30	16,70	16,00	16,70	15,40	15,35	15,30	14,20
Fe ₂ O ₃	5,87	4,07	4,90	3,49	6,30	3,00	5,25	3,51	3,44	4,06	3,50	8,37	7,46	4,44	2,17	1,21
FeO	5,45	7,55	5,00	5,45	5,73	7,00	6,01	7,38	8,52	5,17	5,95	3,92	4,27	6,10	6,96	10,22
MnO	0,23	0,20	0,16	0,14	0,19	0,26	0,17	0,20	0,19	0,18	0,18	0,19	0,21	0,17	0,15	0,18
MgO	6,80	6,75	6,40	5,00	6,70	7,70	5,80	5,35	6,80	10,60	7,50	7,50	9,80	6,80	8,00	11,90
CaO	12,20	8,70	12,50	11,10	11,00	11,60	10,10	13,20	12,50	11,40	12,00	9,80	9,20	11,85	13,50	8,97
Na ₂ O	2,20	2,90	2,50	2,60	1,35	1,80	2,55	2,00	1,40	2,10	2,50	2,10	1,80	2,20	1,50	1,80
K ₂ O	0,47	0,51	0,65	0,31	0,45	0,37	0,30	0,49	0,17	0,47	0,43	0,46	0,22	0,38	0,29	0,32
P ₂ O ₅	0,07	0,15	0,08	0,11	0,12	0,09	0,09	0,06	0,08	0,06	0,11	0,11	0,08	0,05	0,04	0,06
SO ₃	0,10	0,09	0,04	0,10	0,10	0,09	0,09	0,01	0,02	0,09	0,16	0,09	0,09	0,02	0,01	0,00
П. п. п.	1,43	2,20	1,87	1,83	1,57	1,86	1,69	1,70	1,76	2,68	1,84	1,96	2,84	1,65	2,09	3,26
Сума	100,23	100,21	100,06	98,56	98,79	99,55	100,28	99,87	99,90	99,93	98,70	99,99	100,08	100,11	99,98	99,34
Na ₂ O/K ₂ O	4,68	5,69	3,85	8,39	3,00	4,86	8,50	4,08	8,24	4,47	5,81	4,57	8,18	5,79	5,17	5,63
al	0,87	0,93	0,92	1,44	0,82	0,79	1,02	0,93	0,82	0,84	0,94	0,84	0,72	0,89	0,89	0,61
F	62,47	63,26	60,74	64,13	64,23	56,50	66,00	67,06	63,75	46,55	55,75	62,10	54,48	60,78	53,30	48,99
Кварц	0,00	0,00	0,00	0,00	3,82	3,66	0,95	1,54	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,43	0,00
Анортит	32,20	32,17	27,93	42,61	34,98	29,07	35,46	30,81	35,03	35,07	31,72	35,09	33,60	30,96	34,19	29,72
Альбіт	17,96	23,95	20,89	21,35	10,77	14,64	20,99	16,86	11,72	16,59	20,11	17,18	14,64	18,48	12,63	15,23
Ортоклаз	2,78	3,01	3,84	1,83	2,66	2,19	1,77	2,90	1,00	2,78	2,54	2,72	1,30	2,25	1,71	1,89
Діопсид	22,93	8,24	27,56	9,68	15,51	22,80	11,63	28,43	21,82	17,04	22,10	10,53	9,38	22,58	26,48	11,71
Гіперстен	12,68	19,19	10,73	12,20	24,17	21,20	22,92	13,49	21,54	0,00	5,57	23,10	30,47	19,21	19,23	17,88
Олівін	5,38	5,93	3,14	4,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,97	10,52	4,47	3,33	0,00	0,00	17,26
Ільменіт	1,54	2,09	1,25	1,39	1,67	1,31	1,58	1,27	1,75	0,80	1,39	1,12	0,97	1,52	0,89	0,49
Магнетит	2,57	2,68	2,25	2,06	2,73	2,32	2,57	2,52	2,78	2,12	2,17	2,74	2,62	2,42	2,13	1,75
Апатит	0,16	0,35	0,19	0,25	0,28	0,21	0,21	0,14	0,19	0,14	0,25	0,25	0,19	0,12	0,09	0,14

Примітка. Для розрахунку нормативного складу порід використано відкоригований вміст Fe₂O₃ — 15 % від сумарного вмісту заліза. Це дало змогу уникнути завищених значень концентрації Fe₂O₃ внаслідок окиснення порід у природних відслоненнях, а також під час проведення лабораторних робіт. Аналізи виконані в ЦЛ КП "Південукргеологія" та лабораторії ІГМР НАН України.

Note. For calculation of normative rock composition was used corrected Fe₂O₃ grade — 15 percent of total iron content. This prevented too high Fe₂O₃ concentration because of rock oxidization in natural outcrops as well as laboratory research. Analyses were made in the Central Laboratory of GE "Pivdenukrgeologia" and Laboratory of IGMOF of NAS of Ukraine.

лейкократові (амфіболу менше 50 %) за хімічним складом (табл. 1) належать до основних порід. Порфіробласти складають 40—70 % об'єму породи, представлені амфіболом і мають розмір до 5—6 мм. Часто вони утворюють зростання двох-трьох окремих зерен (рис. 2, *b*). Основна маса утворена головним чином агрегатом зерен плагіоклазу; епідот і амфібол наявні у підпорядкованій кількості. Поряд із порфіробластами амфіболу інколи виділяються поодинокі епідотизовані зерна плагіоклазу розміром до 1 см, які можуть розглядатися як реліктові порфірові вкраплення магматичних порід (рис. 2, *b*). Вони задокументовані в центральній частині Новоіванівської ділянки на відрізку відслонень між залізничним мостом та автодорогою Новоіванівка — Тарасо-Григорівка.

За хімічним складом амфібол, аналогічний такому у середньодрібнозернистих амфіболітах, — це збагачений залізом еденіт-паргасит (рис. 3, *a*). Проте заміщення актинолітом відмічається частіше і з більшою інтенсивністю. Він розвивається не тільки у крайових частинах еденіт-паргаситу, але й утворює подекуди повні псевдоморфози по ньому. Зрідка фіксується також амфібол, близький за хімічним складом до рогової обманки (табл. 1).

Плагіоклаз має андезиновий склад і представлений зернами розміром 0,5—1 мм неправильної, часто ізометричної форми. Чіткі двійники зустрічаються рідко, найчастіше вони помутнілі, слабо проявлені. Плагіоклаз різною мірою серицитизований, епідотизований та сорюритизований. Інколи спостерігається значна грануляція зерен плагіоклазу основної маси.

Епідот (і кліноцоїзит) як вторинний мінерал входить до складу реліктових порфірових вкраплень, що складають його основний обсяг, та в меншій кількості — до складу основної маси. Окремі вкраплення плагіоклазу повністю заміщені епідотом.

Акцесорні мінерали в обох різновидах амфіболітів представлені сфеном і апатитом, зрідка присутні ортит, циркон і монацит. Кількість та розмір виділень сфену зростає від лейко- до меланократових різновидів. Він представлений зернами сочевицеподібної форми розміром від 0,1—0,2 до 0,6 мм, які можуть утворювати скупчення. Дрібні скупчення мають ізометричну форму, більші (1—2 мм) витягуються паралельно сланцюватості порід. Для апатиту характерні округлі або злегка видовжені біпірамідальні зерна розміром 0,1—0,4, іноді до

1,3 мм. Циркон утворює видовжені кристали завбільшки від 0,005 до 0,07 мм.

Метаморфізм. Еденіт-андезиновий парагенезис, який є визначальним для амфіболітів, пов'язується з прогресивним етапом регіонального метаморфізму, тоді як парагенезис актиноліту і олігоклазу, подекуди з епідотом, біотитом і хлоритом, є наслідком більш пізнього регресивного метаморфізму. Останній діагностується тільки під мікроскопом за наявності переривчастої актинолітової кайми по краях окремих зерен еденіту, дуже рідко спостерігаються повні псевдоморфні заміщення. Поодинокі зерна основного плагіоклазу — бітовніту, ймовірно, представляють реліктовий мінеральний парагенезис вихідних дометаморфічних порід. Кварц у більшості випадків пов'язаний з групою вторинних мінералів, проте не виключена його присутність і в первинних асоціаціях.

PT умови метаморфізму амфіболітів досліджено за методом мінеральної геотермобарометрії з використанням плагіоклаз-амфіболового термобарометра (T. Holland, J. Blundy, 1994) [21], адаптованого в середовищі *Microsoft Excel*. Застосування цього методу обмежується актинолітом, тому значення температури і тиску отримані лише для головного прогресивного парагенезису еденіт + андезин. Для розрахунків використано результати мікрозондових аналізів цих мінералів на контакті одного з одним. Досліджено зр. 61 і 157, які представляють, відповідно, порфіробластичні та однорідні середньодрібнозернисті різновиди амфіболітів (табл. 1, 2). В обох зразках окрім амфіболів та плагіоклазу наявні вторинні епідот та кварц у сумарній кількості від 5 до 15 %.

Розраховані значення температури і тиску припадають на інтервали 650—740 °C і 5—8 кбар, що свідчить про формування еденіт-андезинового парагенезису в умовах амфіболітової фації регіонального метаморфізму. Максимальному значенню температури $T_{max} = 736$ °C відповідає мінімальний тиск $P_{min} = 5,2$ кбар, а за максимального тиску $P_{max} = 7,6$ кбар фіксується мінімальна температура $T_{min} = 656$ °C. Отримані дані на діаграмі метаморфічних фацій (рис. 4) утворюють лінію тренду *B — C*, яку можна розглядати як фрагмент двох типів трендів залежно від прийнятих тектонічних моделей. Перший тип (за годинниковою стрілкою *A → B → C → D*) характерний для типового регіонального метаморфізму, зумовленого

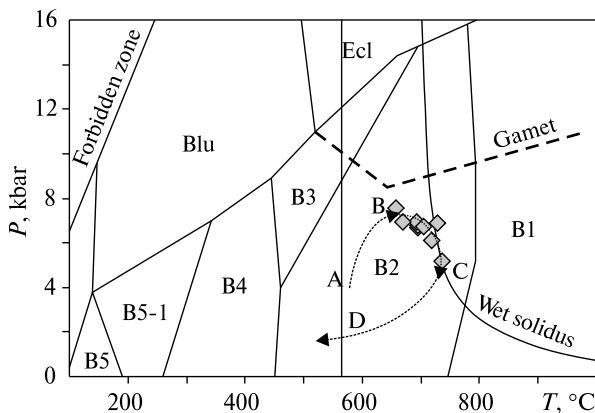


Рис. 4. Результати плагіоклаз-амфіболової геотермобарометрії амфіболітів аульської серії на діаграмі метаморфічних фацій для основних порід (за матеріалами J.D. Winter, 2001; W.D. Yardley Bruce, 1989; A.R. Philpotts, 2009): $A - B - C - D$ — лінія тренду; фації метаморфізму: $B5$ — цеолітова, $B5-1$ — преніт-пумпелітова, $B4$ — зеленосланцева, $B3$ — епідот-амфіболітова, $B2$ — амфіболітова, $B1$ — гранулітова, Blu — блакитносланцева, Ecl — еклогітова

Fig. 4. Results of plagioclase-amphibole geothermobarometry of Auly series amphibolites on metamorphic facies diagram for basic rocks (by data of J.D. Winter, 2001; W.D. Yardley Bruce, 1989; A.R. Philpotts, 2009): $A - B - C - D$ — trend line; metamorphic facies: $B5$ — zeolitic, $B5-1$ — prehnite-pumpellyitic, $B4$ — greenstone, $B3$ — epidote-amphibolitic, $B2$ — amphibolitic, $B1$ — granulitic, Blu — blu-schist, Ecl — eclogitic

швидким зануренням і підняттям регіону в умовах континентального стиснення. Другий тип (проти годинникової стрілки $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$) передбачає інтенсивний розігрів під впливом інтрузивного магматизму регіонального масштабу та занурення з подальшим спокійним підняттям і повільним охолодженням. Для умов Середньопридніпровського мегаблоку найбільш вірогідною видається тектонічна модель, яка відбиває тренд першого типу. Відповідно до неї, швидке занурення порід на глибину до 25–30 км (гіпотетичний відрізок тренду $A-B$, рис. 4) стало причиною монофаціального метаморфізму амфіболітового ступеня без етапного проходження зеленосланцевої та епідот-амфіболітової фацій. Саме таким перебігом тектонічних подій можна пояснити факт збереження реліктових зерен бітовніту — мінералу, який є типовим для вивержених магматичних порід основного складу. Відтворений за даними геотермобарометрії відрізок тренду $B - C$ свідчить, що метаморфізм досягнув свого піка за температури 736 °C. В умовах зниження тиску від 7,6 до 5,2 кбар, викликаного

підняттям регіону, масового характеру набуло мігматитоутворення. На умовному відрізку тренду $C - D$ породи поступово були виведені на денну поверхню.

Природа протоліту. М.П. Семененко, В.І. Орса, В.Л. Бойко та ін. [8, 12] розглядали амфіболіти Середнього Придніпров'я у складі єдиної метабазитової формації разом зі слабо метаморфізованими зеленокам'яними утвореннями, які містять реліктові структурно-текстурні докази магматичного походження. На противагу цьому А.М. Лисак і А.О. Сіворонов [6] асоціацію порід р. Базавлучок віднесли до первинно осадових порід. Такі висновки підтверджувалися морфологією цирконів та петрохімічними перерахунками, в першу чергу, для кристалосланців і плагіогнейсів. Амфіболіти також були діагностовані як парапороди і лише на трикутній діаграмі Г. Вінклера (1969) їхні фігуративні точки потрапляли в поле магматичних порід.

Б.З. Берзенін, за результатами картоскладальних робіт 1988 і 2000 рр., розглядав як протоліт суперкрystalних утворень і осадові, і магматичні породи зі зміною співвідношення між ними в різних районах Середнього Придніпров'я.

З метою підвищення достовірності діагностики первинної природи амфіболітів були проведені цілеспрямовані комплексні дослідження: ретельний аналіз матеріалів вказаних вище робіт, детальні геологічні спостереження, документування та відбір презентабельних зразків із усіх відслонень Новоіванівської ділянки, мінералого-петрографічне вивчення шліфів, вибір і застосування найбільш дієвих петрохімічних діаграм і перерахунків із залученням власних аналітичних даних (табл. 3), з'ясування вмісту та особливостей розподілу мікроелементів. Закономірна поведінка петрохімічних коефіцієнтів і співвідношень петрогенних оксидів, в першу чергу $K_2O + Na_2O$ і Na_2O/K_2O , "нормальний" розподіл фігуративних точок хімічного складу амфіболітів на всіх застосованих діаграмах вказує на ізохімічний характер метаморфізму і придатність результатів хімічного аналізу для з'ясування природи і складу первинного субстрату.

За допомогою мінералого-петрографічних методів прямі ознаки первинної природи амфіболітів (характерні структури і текстури, реліктові мінеральні парагенезиси) достовірно не виявлені. Разом з тим однорідний вигляд і масивна

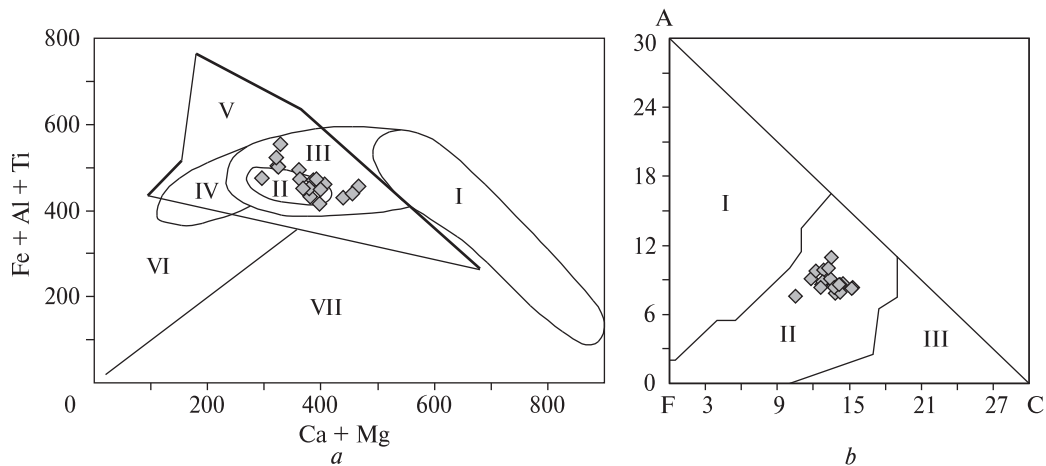


Рис. 5. Визначення первинної природи амфіболітів аульської серії: *a* — діаграма Б. Мауна і Х. де Ля Роша, області хімічного складу: *I* — ультрабазитів, *II* і *III* — базитів, *IV* — граувак і пелітових туфів, *V* — туфопісковиків, *VI* — глинистих мергелів; *b* — діаграма А. Нематова, $C = Na_2O + K_2O + CaO$, $F = MgO + FeO + Fe_2O_3$, $A = Al_2O_3$. Поля хімічного складу порід: *I* — осадових, *II* — магматичних, *III* — осадових мергелистих

Fig. 5. Identification of primary nature of Auly series amphibolites: *a* — B. Moine and H. de La Roche diagram, fields of chemical composition: *I* — ultrabasites, *II* and *III* — basites, *IV* — greywackes and pelitic tuffs, *V* — tuff-sandstones, *VI* — clay marl; *b* — A. Nematov diagram, $C = Na_2O + K_2O + CaO$, $F = MgO + FeO + Fe_2O_3$, $A = Al_2O_3$. Fields of chemical rock composition: *I* — sedimentary, *II* — magmatic, *III* — marlaceous sediments

текстура порід, що лише частково порушуються накладеним метаморфічним розсланцюванням, наявність різновидів зі структурою, яка нагадує порфіроподібну, опосередковано свідчать про магматичне походження амфіболітів. Серед петрохімічних методів застосовувалися

відомі діаграми Б. Мауна і Х. де Ля Роша, А. Нематова, М.П. Семененка, Н.А. Домарацького, А.А. Предовського, А. Симонена [3, 8]. Дві перші з них проілюстровані на рис. 5, а щодо інших тут наведено вихідні дані для побудови (табл. 4) та короткий підсумковий опис.

Таблиця 4. Деякі петрохімічні параметри і коефіцієнти для діаграми амфіболітів аульської серії

Table 4. Some petrochemical parameters and coefficients for diagram of Auly series amphibolites

Номер проби	"Числа П. Ніглі"					Коефіцієнти А.А. Предовського			Коефіцієнти М.П. Семененка		
	<i>si</i>	<i>al'</i>	<i>fm'</i>	<i>c'</i>	<i>alk'</i>	<i>K</i>	<i>A</i>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>FM</i>
<i>Амфіболіти однорідні дрібносередньозернисті</i>											
7	135,49	12,92	47,43	36,28	3,37	-30,50	-103,03	0,35	26,45	34,26	39,29
53	144,33	14,75	53,19	27,44	4,62	-41,36	-40,56	0,37	19,74	38,57	41,68
57	144,08	12,66	44,93	38,35	4,06	-33,43	-122,98	0,31	28,54	34,25	37,21
64	146,03	18,17	41,20	36,47	4,17	-38,65	-45,99	0,28	24,59	44,53	30,88
67	142,40	13,18	50,26	34,24	2,32	-17,00	-71,63	0,35	24,37	34,12	41,50
98	141,55	11,32	51,60	34,35	2,74	-25,11	-103,46	0,36	26,85	32,18	40,97
104	151,29	15,51	47,73	32,73	4,03	-37,95	-53,73	0,31	22,67	39,05	38,29
153	142,09	12,59	44,21	40,01	3,18	-27,06	-124,71	0,31	29,64	33,90	36,46
157	130,75	12,08	50,09	35,87	1,96	-20,78	-97,20	0,38	26,85	32,86	40,29
<i>Амфіболіти порфіробластичні середньозернисті</i>											
55	114,77	12,27	54,35	30,46	2,91	-28,88	-78,32	0,47	23,78	34,84	41,37
62	130,88	12,91	48,21	35,19	3,69	-35,76	-101,92	0,37	26,70	35,60	37,71
89	140,39	14,33	51,71	30,57	3,39	-28,99	-49,69	0,36	21,17	36,08	42,75
91	132,13	12,44	57,97	27,01	2,58	-26,70	-44,35	0,44	19,94	33,38	46,67
123	141,95	12,76	48,08	35,81	3,35	-31,45	-100,25	0,34	26,61	34,46	38,93
155	128,72	11,72	48,55	37,60	2,13	-21,12	-117,91	0,37	29,39	33,31	37,30
Bz-03	133,71	0,44	69,62	27,35	2,59	-25,64	-53,08	0,57	30,54	19,29	50,17

Бінарна діаграма Б. Мауна і Х. де Ля Роша, координатами якої є атомні кількості малорухомих петрогенних компонентів ($x = \text{Ca} + \text{Mg}$, $y = \text{Fe} + \text{Al} + \text{Ti}$), розглядається в числі найінформативніших. Фігуративні точки амфіболітів на цій діаграмі розташовані у полі основних магматичних порід (рис. 5, *a*), причому більшість з них локалізуються в області максимальної концентрації. Діаграма А. Нематова, що ґрунтується на різних залежностях між вмістом головних петрогенних елементів Al, K, Na, Ca, Mg в породах, також дає змогу впевнено віднести амфіболіти до первинно магматичних утворень (рис. 5, *b*). До ортопорід лужноземельно-глиноземистої і, частково, лужноземельно-алюмосилікатної підгруп належать амфіболіти за значеннями параметрів *A*, *C* і *FM* (табл. 4), що використовуються для побудови трикутної діаграми М.П. Семененка. За параметрами П. Нігглі (табл. 4), застосованими на бінарній діаграмі А. Симонена $si = [(al + fm) - (c + alk)]$ та її модифікованих варіантах, фігуративні точки досліджених порід розміщуються в полі магматичних порід або ж частково потрапляють у поле глинисто-мергелистих осадків та зону невизначеності. Здвоєна діаграма А.А. Предовського для розділення парі ортопорід є однією із найбільш вживаних. Наведені в табл. 4 координати діаграми мають діапазони значень $F = 0,3-0,6$, $A = -40 \div -125$ і $K = -17 \div -41$, згідно з якими фігуративні точки амфіболітів на правій $A - F$ і на лівій $A - K$ частинах діаграми локалізуються в полях вивержених порід — базитів.

На діаграмах Н.А. Домарацького, що побудовані в барицентричних координатах, про первинно-магматичне походження метаморфічних порід свідчать три діаграми: $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{CaO} - (\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$, $\text{CaO} - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{Al}_2\text{O}_3$ і $\text{MgO} - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) - (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$. Фігуративні точки хімічного складу амфіболітів знаходяться в полі осадкових порід тільки на одній діаграмі з координатами $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.

Використання методу лінійних дискримінантних функцій Д.М. Шоу і А.М. Кудо $D(x) = 7,07 \log \text{TiO}_2 + 1,91 \log \text{Al}_2\text{O}_3 - 3,29 \log \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8,48 \log \text{FeO} + 2,97 \log \text{MnO} + 4,81 \log \text{MgO} + 7,80 \log \text{CaO} + 3,92 \log \text{P}_2\text{O}_5 + 0,15 \log \text{CO}_2 - 15,08$ визнано недоцільним внаслідок отримання суперечливих результатів. Значення функції $D(x)$ для амфіболітів (за винятком однієї проби — +1,1) склали від -12,1 до -0,7, що

характерно для метаосадових порід. З метою перевірки достовірності результатів, які відрізнялися від даних наведених вище петрохімічних діаграм, проведено тестові розрахунки для metabazaltів зеленокам'яного комплексу. Отримані для них також від'ємні значення коефіцієнта $D(x)$ примусили відмовитися від застосування цього методу для розділення амфіболітів Середнього Придніпров'я на орто- і паропороди.

Магматична природа амфіболітів підтверджується також вмістом у них елементів групи заліза. Так, за даними напівкількісного спектрального аналізу, в породах виявлено, $n \cdot 10^{-3} \%$: Cr — 29,5; Ni — 14,2; Co — 6,4; V — 26,7 (В.В. Сукач та ін., 2006). Такі значення добре зіставляються з кларками цих елементів у породах основного складу (за А.П. Виноградовим — 20, 16, 4,5 і 20 відповідно) та за різними даними у 2—10 разів перевищують кларки в глинистих і карбонатних осадових породах.

Характер розподілу РЗЕ в амфіболітах, який розглядається нижче, також притаманний ортопородам, що дає змогу зіставляти різні за віком та геодинамічним положенням магматичні утворення.

Таким чином, протолітами досліджених амфіболітів були магматичні утворення основного складу. Значне площадне поширення виділених петрографічних різновидів у вигляді монотонних геологічних тіл більшою мірою вказує на ефузивну фацію вихідних порід. Передбачається наявність серед них певного обсягу комагматичних плутонічних утворень, але поки що вони достовірно не виділяються у розрізах.

Петрохімія і геохімія. Амфіболіти як первинно магматичні породи на класифікаційній діаграмі в координатах $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ локалізуються в області базальтів і долеритів нормального ряду (рис. 6; табл. 3). Фігуративні точки їхнього хімічного складу утворюють компактне поле, обмежене інтервалом вмісту $\text{SiO}_2 - 45,0-51,4 \%$ за варіації суми $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ від 1,57 до 3,41 %. Варто відмітити, що трикутна діаграма $\text{Al} - (\text{Fe} + \text{Ti}) - \text{Mg}$ (L.S. Jensen, 1976) дає підставу діагностувати досліджені породи як високомагнезальні толлейтові базальти, крайні лейкократові різновиди яких тяжіють до вапнисто-лужних базальтів (рис. 7, *a*). На діаграмі AS для вулканічних порід основного складу фігуративні точки амфіболітів формують видовжене скупчення, яке

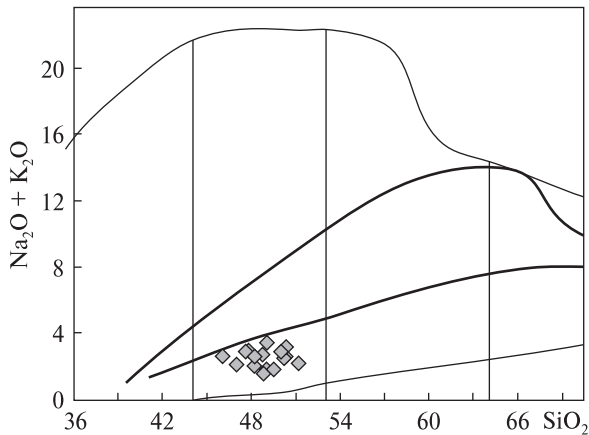


Рис. 6. Положення амфіболітів аульської серії на класифікаційній діаграмі $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

Fig. 6. Position of Auly series amphibolites on $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ classification diagram

простягається від полів пікробазальтів і пікродолеритів до лейкобазальтів і гіперстеневих базальтів з максимальним скупченням в областях толеїтових базальтів, в меншій мірі — олівінових базальтів (рис. 7, b). З цими даними непогано узгоджується нормативний склад амфіболітів (табл. 3), який дає змогу виділити кварц- (толеїтові базальти) і олівіннормативні (олівінові базальти) різновиди. На діаграмі *AFM* фігуративні точки амфіболітів розміщуються в області толеїтових магматичних серій (рис. 8).

За петрохімічними коефіцієнтами (табл. 3) амфіболіти представляють собою доволі однорідну та компактну групу ортопорід. Так, за співвідношенням $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$, яке в середньому складає 5,7, породи належать до натрієвої серії. Значення коефіцієнта глиноземистості $al = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO})$ знаходяться переважно в інтервалі 0,75—1,0, що дає змогу віднести їх до групи помірноглиноземистих. За коефіцієнтом залістості $F = 100 \cdot (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) / \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ породи переважно є магнєзіально-залістими (50—75), зрідка — залізо-магнєєвими (46—50). Амфіболіти є помірно титаністими: вміст TiO_2 не перевищує 1,0 % за винятком однієї проби, де він складає 1,1 %.

Варто відмітити, що петрографічні різновиди амфіболітів (дрібносередньозернисті однорідні та порфіробластичні) не розрізняються між собою ні за петрохімічними коефіцієнтами, ні на петрохімічних діаграмах, ні за нормативним складом.

Амфіболіти характеризуються невисоким вмістом РЗЕ, який становить 22—23 ppm і перевищує хондритовий у дев'ять разів (табл. 5). Спектри розподілу РЗЕ (рис. 9) мають "негативний" нахил ($\text{La}_n / \text{Yb}_n = 0,65 - 0,85$), спричинений незначним збідненням на легкі ($\text{La}_n / \text{Sm}_n = 0,81 - 0,96$). Європієва аномалія практично відсутня або слабо проявлена позитивна ($\text{Eu} / \text{Eu}^* = 1,02 - 1,17$), що свідчить про відсутність суттєвого "плагіоклазового" фракціонування магматичного джерела. Лінії розподілу РЗЕ амфіболітів загалом вписуються в межі поля типових для докембрійських зеленокам'яних поясів толеїтів ТН1, виділених К. Конді

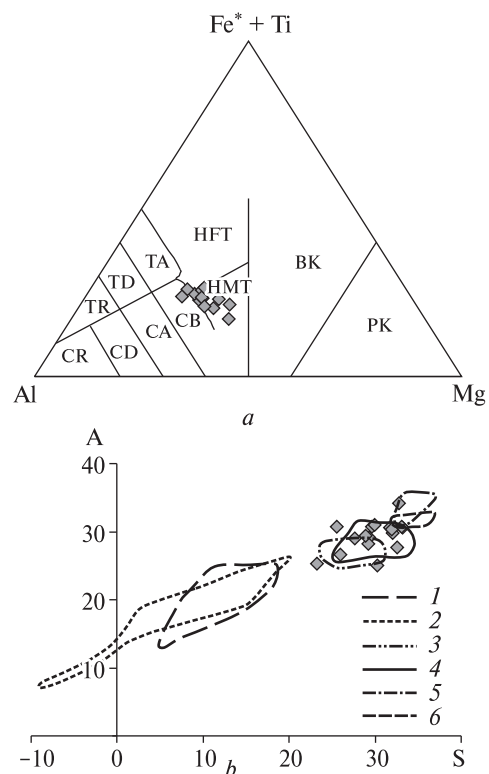


Рис. 7. Положення амфіболітів аульської серії на класифікаційних діаграмах: a — Al — (Fe + Ti) — Mg для вулканічних порід (L.S. Jensen, 1976); b — A — S для основних вулканітів: $A = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, $S = \text{SiO}_2 - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{TiO}_2)$. Поля базальтів: HFT — високозалістисті, HMT — високомагнєзіальні, CB — вапнисто-лужні; 1 — пікробазальти, 2 — пікродолерити, 3 — олівінові, 4 — толеїтові, 5 — лейкобазальти, 6 — гіперстеневі

Fig. 7. Position of Auly series amphibolites on classification diagrams: a — Al — (Fe + Ti) — Mg for volcanic rocks (L.S. Jensen, 1976); b — A — S for basic volcanics: $A = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, $S = \text{SiO}_2 - (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{TiO}_2)$. Fields of basalts: HFT — high ferruginous, HMT — high magnesian, CB — calcalkaline; 1 — picobasalts, 2 — picrodolerites, 3 — olivine, 4 — tholeiitic, 5 — leucobasalts, 6 — hypersthenic

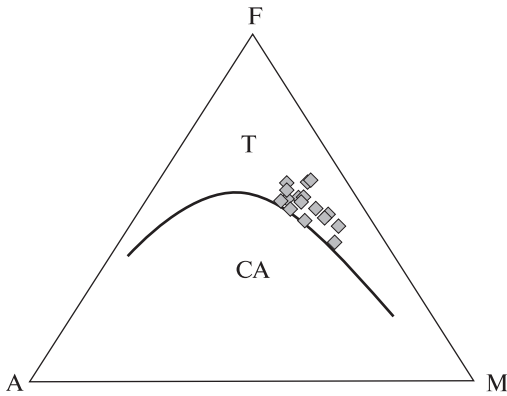


Рис. 8. Діаграма AFM для амфіболітів аульської серії
 Fig. 8. AFM diagram for Auly series amphibolites

[19], хоча і мають нетиповий для них "негативний" нахил. Вони узгоджуються також із нижньою межею розповсюдження нормованих на хондрит значень вмісту РЗЕ в островодужних толеїтах. За вмістом і спектрами розподілу РЗЕ амфіболіти суттєво відрізняються від метабазитів ЗКС Середнього Придніпров'я.

Геодинамічне положення. Як було відмічено вище, за розподілом РЗЕ амфіболіти подібні до докембрійських толеїтів зеленокам'яних поясів ТН1, а також сучасних островодужних толеїтів. Водночас за поведінкою РЗЕ (рис. 8) амфіболіти відрізняються від метабазитів ЗКС, що не дає геохімічних підстав відносити їх до складу мезоархейського зеленокам'яного комплексу.

Обидва різновиди амфіболітів на діаграмі геодинамічних обстановок Е. Мулена (рис. 10, а) утворюють спільну область з трендом від островодужних толеїтів (IAT) до вапнисто-лужних базальтів (CAB). Важливо те, що перша обстановка є характерною для однорідних дрібносередньозернистих амфіболітів, друга —

Таблиця 5. Вміст рідкісноземельних елементів в амфіболітах аульської і метабазальтах конкської серії
 Table 5. Content of rare-earth elements in amphibolites of Auly and metabasalts of Konka series

Номер проби	160	113	80/12	648
La	2,09	1,78	7,96	7,66
Ce	4,79	4,54	20,20	18,60
Pr	0,74	0,70	3,07	2,66
Nd	3,36	3,71	16,10	12,70
Sm	1,36	1,38	5,26	4,07
Eu	0,54	0,63	1,67	1,27
Gd	1,92	1,94	6,97	4,98
Tb	0,37	0,40	1,22	0,91
Dy	2,60	2,79	9,11	5,91
Ho	0,60	0,63	2,07	1,33
Er	1,86	1,86	5,98	3,70
Tm	0,25	0,28	0,79	0,57
Yb	1,68	1,87	5,86	3,77
Lu	0,28	0,29	0,84	0,55
ΣREE	22,44	22,80	87,10	68,68
La _n /Yb _n	0,85	0,65	0,92	1,38
La _n /Sm _n	0,96	0,81	0,95	1,18
Gd _n /Yb _n	0,92	0,84	0,96	1,07
Eu/Eu*	1,02	1,17	0,84	0,86

Примітка. Пр. 160, 113 — амфіболіти Новоіванівської ділянки, 80/12 і 648 — метабазальти Верхівцевської і Чортомлицької зеленокам'яних структур. Аналізи виконано методом ICP-MS в лабораторії ВСЕГЕІ, м. Санкт-Петербург

Note. Samples 160, 113 — amphibolites of Novoivanivka area, 80/12 and 648 — metabasalts of Verkhivtseve and Chortomlyk greenstone belts. Analyses were made by ICP-MS method in the Laboratory of VSEGEI, St. Petersburg

для порфіробластичних. Аналогічні результати отримані також для трикутної діаграми палеобстановок базальтового вулканізму K₂O — TiO₂ — P₂O₅ (рис. 10, б), згідно з якою протоліти

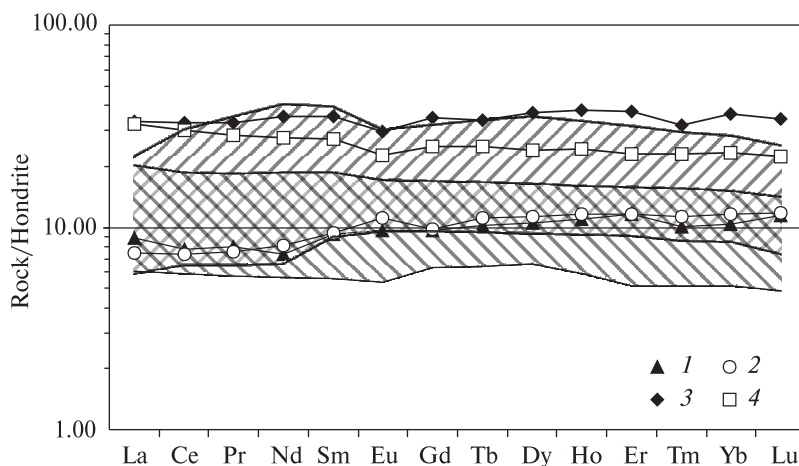


Рис. 9. Розподіл РЗЕ в амфіболітах аульської серії (зр. 1 — 160, 2 — 113) і метабазальтах зеленокам'яних структур (зр. 3 — 80/12, 4 — 648). Затриховані області: правий нахил штрихування — островодужні толеїти, лівий нахил — толеїти ТН1

Fig. 9. REE distribution in Auly series amphibolites (samples: 1 — 160, 2 — 113) and metabasalts of greenstone belts (samples: 3 — 80/12, 4 — 648). Shaded areas: right inclination of shading — island arc tholeiites, left — TH1 tholeiites

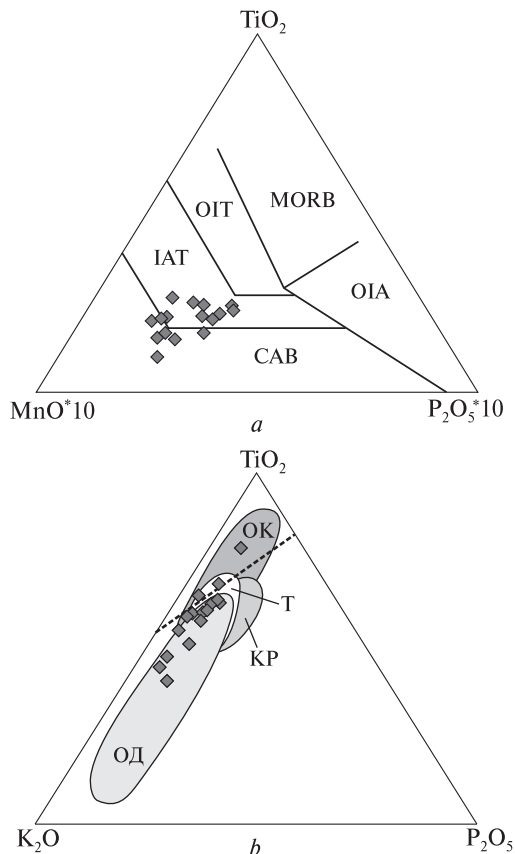


Рис. 10. Геодинамічні обстановки формування амфіболітів аульської серії: *a* — діаграма E.D. Mullen (1983); *b* — модернізована за Б.Г. Лутцем (1980) діаграма Т. Пірса та ін. (1975). Пунктирна лінія розділяє області океанічних (в напрямку вершини TiO_2) і не-океанічних базальтів

Fig. 10. Geodynamic settings of Auly series amphibolites: *a* — E.D. Mullen (1983) diagram; *b* — T. Piers et al. (1975) diagram, modernized by B.G. Luts (1980). Dashed line separates fields of oceanic (toward apex TiO_2 of triangle) and non-oceanic basalts

амфіболітів (за винятком пр. В_z-03) сформувалися в некеанічних умовах, найімовірніше — острівних дуг (ОД). Цікавим з точки зору площадного поширення амфіболітів є розташування значної кількості фігуративних точок в області перекриття острівних дуг з трапами (Т).

Застосування багатокомпонентних діаграм Дж. Пірса (1976), які враховують вміст головних петрогенних елементів у дискримінантних рівняннях F_1 , F_2 і F_3 [22], вказує на формування досліджених порід в умовах, близьких до умов сучасних острівних дуг (рис. 11).

За індикаторними співвідношеннями Th/Ta і La/Yb [20], які складають, відповідно, 1,74 і 1,24, субстрат амфіболітів близький до базальтів архейських зеленокам'яних поясів (Варра-

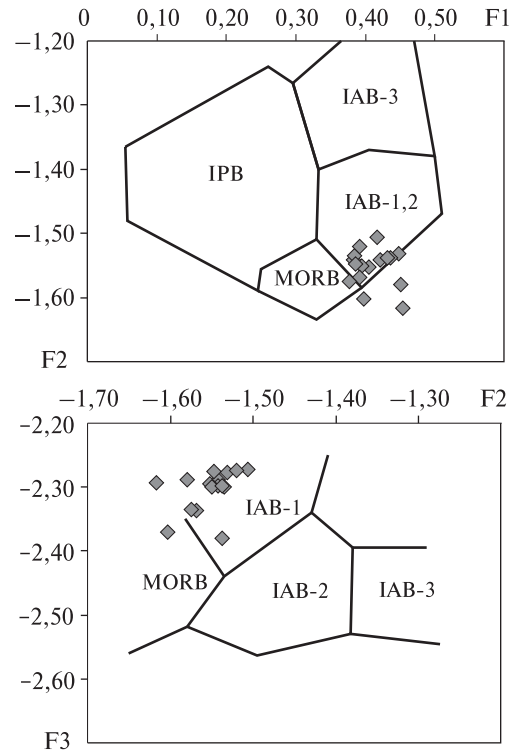


Рис. 11. Ідентифікація геодинамічних обстановок для амфіболітів аульської серії, за [22]. Поля базальтів: IAB — острівних дуг: IAB-1 — низькокалієві, IAB-2 — вапнисто-лужні і IAB-3 — сублужні (шошоніти); IPB — внутрішньоплитні, океанічних островів, трапових провінцій, континентальних рифтів і MORB — серединно-океанічних хребтів

Fig. 11. Identification of geodynamic settings for Auly series amphibolites by [22]. Fields of basalts: IAB — island arcs: IAB-1 — low-potassic, IAB-2 — calc-alkaline, IAB-3 — sub-alkaline (shoshonites); IPB — intra-plates, oceanic islands, trappean provinces, continental bridges and MORB — mid-oceanic ridges

вуна, Мічіпікотен, Абітібі). Такі ж показники характерні для сучасних морських плато-базальтів (Онтонг-Ява, Кармутсен), джерелом яких є деплетована мантія.

Вік формування. Амфіболіти Середнього Придніпров'я у складі аульської серії належать до найдревніших суперкrustальних утворень регіону. Достовірні дані про їхній вік на сьогоднішній день відсутні. За комплексом геологічних даних багато дослідників традиційно вважають їх палеоархейськими [2].

Наявні радіогеохронологічні дані, незважаючи на застосування сучасних методик (уран-свинцевий ізотопний метод) і лабораторного обладнання (іон-іонний мікрозонд *SHRIMP II*), не дають змоги однозначно вирішити це питання. Так, цифри 3,18 і 3,07—3,08 млрд рр. [11], отримані для цирконів із різних петрографіч-

них типів амфіболітів Шолохівської ділянки, потребують однозначної геологічної інтерпретації, про що наголошувалось вище. Адже вони в однаковій мірі можуть відноситися як до порід аульської, так і конкської серій. Амфіболіти в районі с. Слов'янка (південніше Новоіванівської ділянки) на лівому березі р. Базавлучок, для яких визначено вік 3086 ± 4 млн рр. [13], діагностовані як первинно інтрузивні — габроїди, які січуть породи сформованої на час їхнього укорінення аульської серії. Не виключено, що вони генетично пов'язані з мезоархейськими магматичними породами ЗКС.

Обговорення результатів та висновки. 1. Головний обсяг амфіболітів Середнього Придніпров'я зосереджений у складі базавлучської товщі аульської серії. Нині їхні найбільш репрезентативні відслонення розміщуються в басейні р. Базавлучок — опорному районі поширення утворень базавлучської товщі. Породи Новоіванівської ділянки (середня течія Базавлучка) впевнено відносяться до аульської серії, тоді як потужні виходи амфіболітів Шолохівської ділянки в нижній течії Базавлучка структурно належать до однойменного відгалуження Чортомлицької ЗКС, що не виключає приналежності їх (в повному обсязі або частково) до конкської серії. Саме вони були продатовані як мезоархейські, що дало підставу розглядати їх як одновікові з породами ЗКС [11]. Для типових утворень аульської серії, що складають Новоіванівську ділянку, радіогеохронологічні дослідження не проведено. За таких обставин їхній вік варто розглядати як палеоархейський, згідно з Кореляційною хроностратиграфічною схемою 2004 р. [2].

2. За структурно-текстурними ознаками виділяються два типи амфіболітів Новоіванівської ділянки: 1) однорідні середньодрібнозернисті, 2) порфіробластичні. Їхній мінеральний склад визначений кальцієвим амфіболом еденіт-паргаситової серії та середнім плагіоклазом — андезином. За плагіоклаз-амфіболовим геотермометром [21], даний парагенезис сформувався в інтервалах значень температури $650\text{—}740$ °С і тиску $5\text{—}8$ кбар, що відповідає амфіболітовій фації регіонального метаморфізму. Регресивні метаморфічні зміни представлені олігоклазом і актинолітом, який зазвичай розвивається по краях зерен еденіт-паргаситу; зрідка відмічаються вторинні епідот, кліноцоїзит, біотит, хлорит. Серед вторинних мінералів часто трапляється кварц, для котро-

го можливою є й участь у складі первинної асоціації. Важливою мінералогічною особливістю однорідних середньодрібнозернистих амфіболітів є наявність поодиноких зерен бітовніту — реліктів мінерального парагенезису дометаморфічних порід.

3. Традиційні петрохімічні діаграми, вміст та поведінка мікроелементів (елементи групи заліза, РЗЕ) переконливо свідчать про первинно магматичну природу амфіболітів. Цей висновок добре узгоджується із такими структурно-текстурними ознаками порід, як вірогідні релікти порфіроподібних вкраплень плагіоклазу, однорідний вигляд і масивна текстура, що несуттєво порушуються накладеним метаморфічним розслацюванням. Такі ознаки є нетиповими для первинно осадових відкладів, тому опосередковано можуть слугувати підтвердженням магматичного походження амфіболітів. Переважне розповсюдження дрібнозернистих порід, значне площадне поширення виділених петрографічних різновидів у вигляді монотонних геологічних тіл указують на користь порід ефузивної фації. Передбачається присутність серед них певного обсягу утворень інтрузивної фації.

4. Амфіболіти як первинні вулканічні породи належать до групи базальтів і долеритів нормального ряду толейтової серії, серед яких виділяються олівінові і толейтові базальти, в тому числі за нормативним складом. Базальтоїди є переважно помірно глиноземистими, магнезіально-залізистими, помірно титанистими (до 1 % TiO_2). За діаграмою L.S. Jensen (1976) вони можуть також бути діагностовані як високомагнезіальні толейтові базальти.

5. За вмістом і розподілом РЗЕ амфіболіти подібні до толейтів докембрійських зеленокам'яних поясів ТН1, за К. Конді [19], проте мають нетипове для них збіднення на легкі елементи. Європієва аномалія відсутня або слабо проявлена позитивна. Необхідно відмітити, що вміст і розподіл РЗЕ в амфіболітах (табл. 5; рис. 9) суттєво відрізняються від спостережених у метабазитах ЗКС Середнього Придніпров'я [9].

6. Протоліти амфіболітів сформувалися в неокеанічних умовах в обстановках стиснення земної кори, що найкраще зіставляються з сучасними острівними дугами. Зрідка відмічаються умови, характерні для континентальних рифтів і трапів, але і в таких випадках вони перекриваються або є близькими до остро-

дужних. Лише для окремих зразків амфіболітів ідентифіковані умови океанічних плато і серединно-океанічних хребтів (відповідно, зр. 157 і 55, 62).

За геохімічними особливостями амфіболіти частково зближуються з базальтами зеленокам'яних поясів, проте їхнє повсюдне площадне поширення, на відміну від локально розташованих базальтоїдів ЗКС, є вагомою ознакою іншого геодинамічного положення. Дуже цікавими, але недостатніми за обсягом є результати визначення співвідношень Th/Ta і La/Yb, згідно з якими регіонально поширені амфіболіти можуть порівнюватися із сучасними морськими платобазальтами Онтонг-Ява, Кармутсен [20].

Вельми вірогідно, що геодинамічні умови архейського магматизму мали свої характерні риси, за якими можуть зіставлятися з ознаками однієї або декількох сучасних геодинамічних обстановок і не мати прямих аналогів.

7. Передбачається, що родоначальний базальтовий розплав за складом був близький найбільш основним різновидам порід, які представлені зр. 55 і Вz-03 порфіробластичних амфіболітів. Згідно з роботами Х.С. Йодера і К.Е. Тіллі [4, 5], первинний розплав такого складу міг утворитися в мантії за рахунок плавлення гранатового перидотиту з подальшим переміщенням магми у кору і формуванням проміжної камери на глибині близько 50 км.

Спектри розподілу РЗЕ зі слабо проявленою аномалією Європію вказують на відсутність суттєвого фракціонування магматичного розплаву на його шляху від первинної камери до земної поверхні. Площадний розвиток останців ортоамфіболітів, що розглядаються як релікти потужних архейських лавових товщ олівінових і толеїтових базальтів, указує на домінування тріщинного типу вулканічних апаратів.

Викладена вище петрогенетична модель амфіболітів аульської серії, поширених в облямуванні зеленокам'яних структур на значній території Середнього Придніпров'я (близько $\frac{3}{4}$ загальної площі), потребує подальшого розвитку і удосконалення. Серед недостатньо вивчених та проблемних питань головними є такі: радіогеохронологічне датування порід Новоіванівської ділянки, геолого-структурна і стратиграфічна приналежність амфіболітів Шолохівської ділянки, вміст і розподіл РЗЕ та рідкісноземельних елементів, ізотопна геохімія. Окрім цього, видається необхідним проведення аналогічних петрологічних досліджень високометаморфізованих базитів конкської серії в крайових частинах ЗКС, а також кристалосланців і плагіогнейсів, які асоціюють з амфіболітами в складі аульської серії.

Автор висловлює щире вдячність С.Г. Кривдіку за цінні поради в процесі підготовки статті та В.О. Синіцину за сприяння у виконанні геотермометричних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Довбуш Т.І. Геолого-структурна позиція та ізотопний вік плагіогранітоїдів району Верхівцевської зеленокам'яної структури (Середнє Придніпров'я) // Мінеральні ресурси України. — 2004. — № 3. — С. 19—23.
2. Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеваський 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.
3. Ефремова С.В., Стафеев К.Г. Петрохимические методы исследования горных пород. — М.: Недра, 1985. — 512 с.
4. Йодер Х.С. Образование базальтовой магмы. — М.: Мир, 1979. — 238 с.
5. Йодер Х.С., Тилли К.Е. Происхождение базальтовых магм. — М.: Мир, 1965. — 247 с.
6. Лысак А.М., Сиворонов А.А. Петрографо-геохимические особенности и генезис гнейсово-амфиболитовой формации р. Базавлук (Украинский щит) // Геол. журн. — 1976. — 36, № 6. — С. 55—67.
7. Лысак А.М., Сиворонов А.А. Гнейсово-амфиболитовая формация бассейна р. Базавлук (Украинский щит) // Геол. журн. — 1978. — 38, № 5. — С. 89—97.
8. Орса В.И. Петрология гранито-гнейсового комплекса Среднего Приднепровья. — Киев: Наук. думка, 1973. — 169 с.
9. Пономаренко О.М., Сукач В.В., Самчук А.І., Красюк О.П., Огар Т.В., Коваленко О.О. Особливості розподілу рідкісноземельних елементів у базит-ультрабазитах Середньопридніпровського мегаблоку Українського щита // Геохімія та рудоутворення. — 2014. — Вип. 34. — С. 26—33.
10. Предовский А.А. Геохимическая реконструкция первичного состава метаморфизованных вулканогенно-осадочных образований докембрия. — Апатиты: Изд-во АН СССР, 1970. — 116 с.
11. Самсонов А.В., Пухтель И.С., Журавлев Д.З., Чернышев И.В. Геохронология аульского гнейсового комплекса и проблема фундамента зеленокаменных поясов Украинского щита // Петрология. — 1993. — 1, № 1. — С. 29—49.

12. Семененко Н.П., Ладиева В.Д., Бойко В.Л. Метабазитовые и кератофировые алюмосиликатные формации центральной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1982. — 376 с.
13. Степаниук Л.М., Бобров О.Б., Довбуш Т.І., Сергеев С.А., Родіонов М.В. Уран-свинцевий вік цирконів із амфіболітів аульської серії — час інтрузії габроїдів в супракрустальні породи // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2009. — № 1—2. — С. 9—17.
14. Сукач В.В., Исаков Л.В. Проблема соотношения плагиогранит-амфиболитового и зеленокаменного структурно-формационных комплексов Среднего Приднепровья УЩ // Тез. Междунар. науч.-практ. конф. "Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов Украинского щита". — Киев : УкрГГРИ, 2010. — С. 213—214.
15. Сукач В.В., Паранько І.С., Исаков Л.В., Курочка О.О., Кандаля Ю.С. До питання формаційного розчленування аульського структурно-формаційного комплексу Середньопридніпровського мегаблоку Українського щита // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2008. — № 4. — С. 63—74.
16. Сукач В.В., Синицін В.О., Кандаля Ю.В. Петрографічні типи амфіболітів басейну р. Базавлук та їх формаційна і хроностратиграфічна належність // Тези V наук.-вироб. нар. геологів-зйомщиків України. — Миколаївка, 2010. — С. 219—222.
17. Усенко І.С. Метабазиты Приднепровья. — Киев : Изд-во КГУ им. Т.Г. Шевченко, 1948. — 192 с.
18. Шчербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — Киев : Наук. думка, 2005. — 244 с.
19. Condie K. Archean greenstone belts. — Elsevier, 1981. — 434 p.
20. Condie K. Greenstones through time // Archean Crustal Evolution. — Elsevier, 1994. — P. 85—120.
21. Holland T., Blundy J. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry // Contribs Mineral. and Petrol. — 1994. — 116. — P. 433—447.
22. Pearce J.A. Statistical analyses of major element patterns in basalts // Petrology. — 1976. — 17, No 1. — P. 220—300.

Надійшла 16.12.2014

REFERENCES

1. Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Skobelev, V.M. and Dovbush, T.I. (2004), *Mineral. resource of Ukraine*, Kyiv, Ukraine, No. 3, pp. 19-23.
2. 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)*, NSC Ukraine, UkrSGRI, Kyiv, 29 p.
3. Efremova, S.V. and Stafeev, K.G. (1985), *Petrochemical methods of rock investigation*, Nedra, Moscow, 512 p.
4. Yoder, H.S. and Tilley, C.E. (1965), *Origin of basalt magmas*, Mir, Moscow, 247 p.
5. Yoder, H.S. (1979), *Generation of basaltic magma*, Mir, Moscow, 238 p.
6. Lysak, A.M. and Sivoronov, A.A. (1976), *Geol. Journ.*, Kyiv, Ukraine, Vol. 36 No. 6, pp. 55-67.
7. Lysak, A.M. and Sivoronov, A.A. (1978), *Geol. Journ.*, Kyiv, Ukraine, Vol. 38 No. 5, pp. 9-19.
8. Orsa, V.I. (1973), *Petrology of granito-gneissic complex of the Middle Dnipro*, Naukova dumka, Kyiv, 169 p.
9. Ponomarenko, O.M., Sukach, V.V., Samchuk, A.I., Krasnyuk, O.P., Ogar, T.V. and Kovalenko, O.O. (2014), *Geochemistry and ore formation*, Kyiv, Ukraine, Vol. 34, pp. 26-33.
10. Predovskiy, A.A. (1970), *Geochemical reconstruction of primary composition of Precambrian metamorphic magmatic-sedimentary rocks*, Publ. of AS USSR, Apatity, 116 p.
11. Samsonov, A.V., Puhtel', I.S., Zhuravlev, D.Z. and Chernyshev, I.V. (1993), *Petrology*, Moscow, Russia, Vol. 1 No 1, pp. 29-49.
12. Semenenko, N.P., Ladieva, V.D. and Boyko, V.L. (1982), *Metabasic and keratophyric aluminosilicate formations of the central part of the Ukrainian Shield*, Naukova dumka, Kyiv, 376 p.
13. Stepanyuk, L.M., Bobrov, O.B., Dovbush, T.I., Sergeev, S.A. and Rodionov, M.V. (2009), *Proc. of UkrSGRI*, Kyiv, Ukraine, No. 1-2, pp. 9-17.
14. Sukach, V.V. and Isakov, L.V. (2010), *Abstr. of the Intern. sci.-prod. conf. "Stratigraphy, geochronology and correlation of Lower Precambrian rock complexes of the Ukrainian Shield"*, UkrSGRI, Kyiv, Ukraine, pp. 213-214.
15. Sukach, V.V., Paranko, I.S., Isakov, L.V., Kurochka, O.O. and Kandala, Yu.S. (2008), *Proc. of UkrSGRI*, Kyiv, Ukraine, No. 4, pp. 63-74.
16. Sukach, V.V., Synitsyn, V.O. and Kandala, Yu.S. (2010), *Abstr. of the 5th Scientific-production meeting of mapping geologists of Ukraine*, Mykolaivka, Kyiv, Ukraine, pp. 219-222.
17. Usenko, I.S. (1948), *Metabasites of the Middle Dnipro*, Publ. of T.G. Shevchenko KSU, Kyiv, 192 p.
18. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lisna, I.M. and Ponomarenko, O.M. (2005), *Geochronology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Archean*, Naukova dumka, Kyiv, 241 p.
19. Condie, K. (1981), *Archean greenstone belts*, Elsevier, 434 p.
20. Condie, K. (1994), *Archean crustal evolution*, Elsevier, pp. 85-120.
21. Holland, T. and Blundy, J. (1994), *Contribs Mineral. and Petrol.*, Vol. 116, pp. 433-447.
22. Pearce, J.A. (1976), *Petrology*, Vol. 17 No 1, pp. 220-300.

Received 16.12.2014

V.V. Sukach

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

ПЕТРОГЕНЕЗИС АМФИБОЛИТОВ АУЛЬСКОЙ СЕРИИ В БАССЕЙНЕ
р. БАЗАВЛУЧОК, СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКИЙ МЕГАБЛОК УКРАИНСКОГО ЩИТА

Изложены результаты петрологических исследований архейских амфиболитов Среднеприднепровского мегаблока Украинского щита, которые входят в состав базавлукской толщи аульской серии. Выделены однородный среднелкозернистый и порфиробластический петрографические типы амфиболитов, главный минеральный парагенезис которых представлен кальциевым амфиболом эденит-паргаситовой серии и средним плагиоклазом — андезином. Они сформировались при температуре 650—740 °С и давлении 5—8 кбар, что соответствует амфиболитовой фации прогрессивного регионального метаморфизма. Регрессивные изменения представлены актинолитом, олигоклазом, эпидотом, клиноцоизитом, изредка биотитом, хлоритом, кварцем. Одиночные зерна битовнита, выявленные в однородных среднелкозернистых амфиболитах, вероятно, принадлежат к реликтовому минеральному парагенезису исходных дометаморфических пород. Выяснено, что протолитами амфиболитов были базальты и долериты. По химическому составу это умеренно глиноземистые, магнизиально-железистые, умеренно титанистые (до 1 % TiO₂) породы нормального ряда толеитовой серии, среди которых выделяются оливиновые и толеитовые базальты. Они сформировались в условиях сжатия земной коры в неокееанских обстановках, которые лучше всего сопоставляются с современными островными дугами.

Ключевые слова: амфиболиты, архей, аульская серия, амфиболитовая фация метаморфизма, протолиты, геодинамическое положение, Среднеприднепровский мегаблок, Украинский щит.

V.V. Sukach

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

PETROGENESIS OF AULY SERIES AMPHIBOLITES IN BAZAVLUCHOK
RIVER BASIN, MIDDLE DNIPRO MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

The article expounded results of petrology research of Archean amphibolites, widespread in the Middle Dnipro megablock of the Ukrainian Shield. They enter into the composition of Bazavluchok strata of Auly series. Amphibolites were examined along Bazavluchok riversides in the Novoivanivka area stratotypical of this stratigraphic level. Homogeneous medium-fine-grained and porphyroblastic petrographic types of amphibolites were discerned. Calcium amphibole of edenite-pargasite series and average plagioclase andesine represent main mineral paragenesis of these types of amphibolites. This paragenesis was formed in the temperature range of 650—740 °C and pressures 5—8 kbar by plagioclase-amphibolitic geothermobarometer, that satisfies the amphibolitic facies of progressive regional metamorphism. Superimposed actinolite, oligoclase, occasionally epidote, biotite, chlorite and quartz represent regressive changes. Single grains of basic plagioclase — bytownite were discovered in homogeneous medium-fine-grained amphibolites as a relict of mineral paragenesis of pre-metamorphic rocks. Protoliths of amphibolites were magmatic basic rocks mainly effusive facies — basalts and dolerites. Petrochemical data, distribution of rare-earth elements (REE), and also stable areal extent, stratification, homogeneous view within separate layers, mainly schistic structure, presence of supposed porphyritic relict texture and others geological-textural features of amphibolites evidence for that. Orthoamphibolites belong to olivine and tholeiitic basalts of tholeiitic series. They are mainly medium-alumina, magnesia-ferrous, medium-titaniferous (to 1 % TiO₂). REE content and distribution in amphibolites are similar to tholeiites TH1 of Archean greenstone belts, but have non-typical of them depletion of light elements. Protoliths of amphibolites was formed in the non-oceanic conditions of Earth's crust compression, which are compared with modern island arcs best of all.

Keywords: amphibolites, Archean, Auly series, amphibolitic metamorphic facies, protholiths, geodynamic position, Middle Dnipro region, Ukrainian Shield.