

МАТЕРІАЛИ ДО ПЕТРОГРАФО-ПЕТРОХІМІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВУЛКАНОМІКТОВИХ УТВОРЕНЬ ЗОРЯНСЬКОЇ ТОВЩІ ТРАПОВОЇ ФОРМАЦІЇ ЗАХІДНОЇ ВОЛИНИ

Наталія Бацевич, Ігор Наумко

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, вул. Наукова, 3-а,
Львів, Україна, 79060
e-mail: natalja_bats@ukr.net, naumko@ukr.net*

Наведено результати комплексних досліджень повних розрізів зорянської вулканоміктової товщі (зорянських верств) (V_{1zr}) трапової формації Західної Волині зі значною перевагою експлозивного матеріалу щодо вивчення просторового поширення й мінерального складу, виявлення петрографічних і петрохімічних особливостей та практичного значення туфів. Проаналізовано товщину і палеорельєф за даними свердловин, які розкрили утворення зорянської товщі в місцях її найбільшого поширення, та визначено важливі структурні особливості як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Для наочності побудовано карти, що відображають товщину і рельєф палеоповерхні пірокластичних порід, зокрема в районі населених пунктів Ратне і Камінь-Каширський. У результаті петрографічного вивчення розрізу відкладів зорянської товщі є підстави вважати, що вони формувалися в режимі гравітаційного осадження пірокластичного матеріалу з нагромадженням туфових відкладів на стадії неповного застигання вулканічного матеріалу й формування грубої, неритмічної шаруватості. Чітких ознак перевідкладення, тобто вулканоміктового походження, для туфів зорянської товщі в межах регіону (подібно до туфів бабинської світи) не виявлено. Ці міркування підтверджуються опосередкованими фактами, насамперед такими, як рельєф поверхонь, на яких залягають туфи відповідних стратиграфічних підрозділів, на якому не фіксуються ознаки інтенсивного розмиву, різкі форми тощо. Але це не виключало сповзання нагромаджених товщ пологими схилами на відносно невеликі віддалі. За петрохімічними параметрами виявлено належність туфів зорянської товщі до низько-помірноглиноземистих, калієво-натрієвих, мезо-меланократових відмін. Уміст міді в туфах характеризується відносно невисокими значеннями, що може вказувати на невизначені перспективи зорянської товщі щодо мідного зрудіння і потребує подальших цілеспрямованих досліджень.

Ключові слова: зорянська товща, пірокластичний матеріал, туфи, трапова формація, Західна Волинь.

Вступ. Пірокластичні породи в південно-західній частині Східно-Європейської платформи відзначені серед відкладів поліської і волинської серій верхнього протерозою (відповідно, рифею та едіакарію) та генетично пов'язані з платобазальтами трапової формації. У межах Західної Волині (Україна) відклади трапової формації (базальти з прошарками пірокластичного матеріалу (туфи, туфіти, туфо-брекчії, пізоліти) перспективні на виявлення промислових запасів самородної міді і супутніх металів. Саме тому в останні десятиріччя зріс інтерес до вивчення цих верств.

З іншого боку, пірокластичні породи серед вулканітів взагалі завжди відіграють роль своєрідних реперів, які символізують певні етапи формування та становлення вулканічних товщ і формацій загалом. Аналогічного значення набувають ці утворення і для трапової формації Західної Волині.

Загалом пірокластичні породи є важливим компонентом мінеральних комплексів України [15], причому продукти експлозивної вулканічної діяльності посідають провідне місце і в траповій формації Західної Волині [6]. Зокрема, осадово-вулканогенна волинська серія [7] містить базальти, що трапляються в асоціації з туфами, туфітами і туфобрекчіями, які сформувалися внаслідок інтенсифікації вулканогенної експлозивно-ефузивної діяльності на ранньоедіакарському етапі розвитку континентального рифтового вулканізму. Це в хронологічному діапазоні виокремлює досліджені трапи південно-західної частини Східно-Європейської платформи від регіонів з найбільшими виверженнями, що відбулися протягом тріасового-юрського періодів і пізньої крейди – раннього палеогену [20].

Постановка проблеми. Поширеність та унікальний склад вулканоміктових утворень стали підставою для системного вивчення туфів як їх ключового компонента, що набуває як генетичного, так і практичного значення. Актуальність таких досліджень лише зростатиме, враховуючи збільшення попиту на мідь – критичну й стратегічну сировину, основні родовища якої в Україні переважно пов'язують із перспективними міденосними відкладами трапової формації едіакарію Західної Волині.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші відомості про результати комплексних досліджень власне повних розрізів зорянської товщі (від підшоши до покрівлі), у яких фіксується значна перевага експлозивного матеріалу, наведено в [1–3]. Загалом, стан вивченості вулканоміктових утворень у межах трапової формації Західної Волині нами скрупульозно обговорено у праці з досліджень пірокластичного матеріалу бабинської світи [4]. Виконаний у ній детальний аналіз матеріалів попередників щодо геологічних, структурно-текстурних, речовинних властивостей ефузивно-пірокластичного матеріалу Західної Волині ґрунтується на численних відомих опублікованих роботах регіонального плану – первинних джерелах важливої інформації з означеної проблеми [15; 6; 8; 13; 16; 14 та ін.], з якими зацікавлені читачі можуть познайомитися і за потреби опрацювати.

Мета статті – дослідити мінеральний склад та визначити петрографічні й петрохімічні особливості туфів зорянської вулканоміктової товщі (зорянських верств) (V_z) трапової формації Західної Волині в контексті оцінки перспектив їх міденосності, отримати нові дані щодо особливостей формування самородномідних руд і розподілу відповідної мінералізації в цих туфах.

Методика досліджень. Польові геологічні дослідження передбачали опис штуфів і керна, відбір проб для аналітичних визначень. Для вивчення і складання типового розрізу зорянської товщі використали керновий матеріал зі св. 8282.

Прозорі та прозоро-поліровані шліфи вивчали на поляризаційних мікроскопах OLYMPUS CX41 і ПОЛАМ 312.

Геохімічні дослідження містили визначення вмісту основних хімічних компонентів порід методом валового хімічного аналізу та вмісту міді – методом атомно-абсорбційного аналізу (хімічна лабораторія відділу геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій ІГГГК НАН України, аналітики Л. К. Білик, В. Л. Крижевич).

Виклад та обговорення основного матеріалу. Геолого-структурні дослідження. Однією з характерних особливостей пірокластичних відкладів у межах трапової формації є їх перемежування між собою та з базальтовими покривами. Так, на заболотівській базальтовій світі розташована туфова товща бабинської світи, яку перекриває лучичівська світа, що переважно містить базальти. Далі в межах ратненської світи на лучичівську світу накладаються вулканоміктові зорянські верстви, а їх, своєю чергою, перекривають якушівські верстви, сформовані численними потоками базальтів з прошарками туфів [9].

Зазначимо, що перешарування вулканічних і вулканоміктових порід повсюдно характерно для трапових провінцій світу [8; 17–19; 22; 23]. Це свідчить про те, що

кожному траповому виливу лави передував викид пірокластичного матеріалу, пізолітів [4; 14], що призвело до утворення горизонтів туфів під кожним шаром лавових утворень.

Об'єкт досліджень – зорянська вулканоміктова товща (зорянські верстви) (V_{1zr}) – виділяється серед стратифікованих одиниць волинської серії трапової формації Західної Волині (Україна) [12] нашаруваннями різноманітних вулканоміктових теригенних порід основного складу: червоних вулканоміктових алевролітів, пісковиків, туфів та різнобарвних конгломератів. Зорянська товща узгоджено, місцями з розмивом, залягає на лучичівській світі та без перерв перекривається якушівською товщею. Її відклади виходять на денну поверхню безпосередньо на північ та північний захід від м. Камінь-Каширський.

Зорянська товща за своїм складом різко відрізняється від вулканогенних утворень суміжних стратонів волинської серії, будучи у Волино-Поліському прогині надійним стратиграфічним репером.

Нами проведено аналіз товщин і гіпсометрії рельєфу палеоповерхні в розрізах численних свердловин, які розкрили утворення зорянської товщі в межах Ратненсько – Камінь-Каширської площі, де зорянська товща має найзначніше поширення (подібно до базальтів лучичівської світи [21] та вулканоміктових утворень бабинської світи [4]). Для цього застосували метод інтерполяції для всіх свердловин, пробурених нині в межах площі.

Для розподілу товщин характерна відсутність градієнтних змін, що зумовлює їх поступовість за латераллю (рис. 1–2).

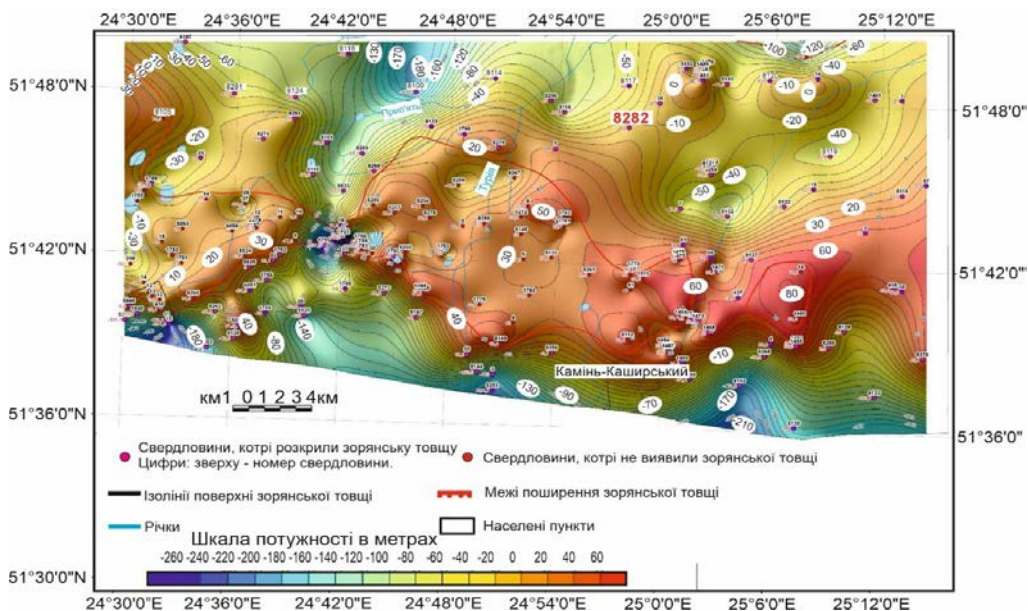


Рис. 1. Карта рельєфу палеоповерхні пірокластичних утворень зорянської товщі в межах Ратне – Камінь-Каширської площі. Масштаб 1 : 100 000. Склад І. В. Рєпин за безпосередньої участі Н. В. Бацевич

Максимальні значення товщини інколи просторово приурочені до занурених частин рельєфу підстильної лучичівської світи. Незначна зміна товщини не дає підстав говорити про відсутність чи наявність кореляції в межах площі стосовно особливостей рельєфу поверхні лучичівської світи.

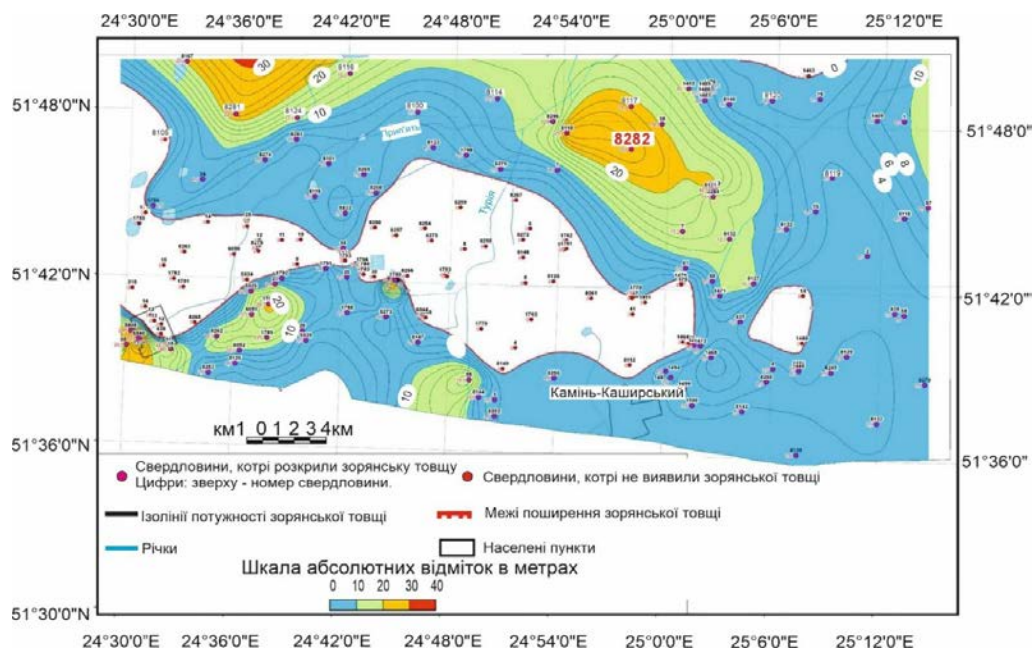


Рис. 2. Карта товщини пірокластичних утворень зорянської товщі в межах Ратне – Камінь-Каширської площі. Масштаб 1 : 100 000. Склад І. В. Рєпин за безпосередньої участі Н. В. Бацевич

Повні розкриті товщини зорянської товщі варіюють в межах 0,5–33,3 м.

Петрографічні дослідження. Згідно з нашими макроскопічними дослідженнями керну за розрізом свердловини 8282 – це переважно породи сіро-зеленого кольору, проте трапляються відміни бурого та перешарованого сіро-зеленого й бурого (рис. 3).

Структурно-текстурні, речовинні та деякі інші особливості туфів зорянської товщі наведено на (рис. 4–7).

Вулканоміктових відмін, які б утворилися шляхом механічного руйнування і пере-відкладення різних вулканогенних утворень з наступною цементацією матеріалом змішаного (вулканогенно-осадового) складу, не виявлено. Туфи переважно алевро-псамітові, присутні також псефітові відміни. Туфовий складник за структурними особливостями належить до літо-вітрокластичної відміни, інколи з домішкою кристалокластики.

Поділ туфової товщі на ритми проводили за принципом, застосованим при вивченні бабинської світи [4]. У результаті було виділено два ритми (від підшови до покрівлі): перший на глибині 178–169,4 м (товщина 8,6 м), другий на глибині 169,4–157,0 м (товщина 12,4 м).

Перший ритм відрізняється від другого присутністю більш крупноуламкових (псефітових) відмін, за кольором туфи переважно бурі, трапляється шаруватість, плитчаста окремість. Шаруватість виявляється завдяки прошаркам крупноуламкових туфів бурого кольору на фоні сіро-зелених, дрібноуламкових. За своїми особливостями вони належать до літо-вітрокластичних, псефіто-псаміто-алевритових, несортованих спечених туфів основного складу. Уламки зазнали вторинних перетворень різною мірою. Серед них

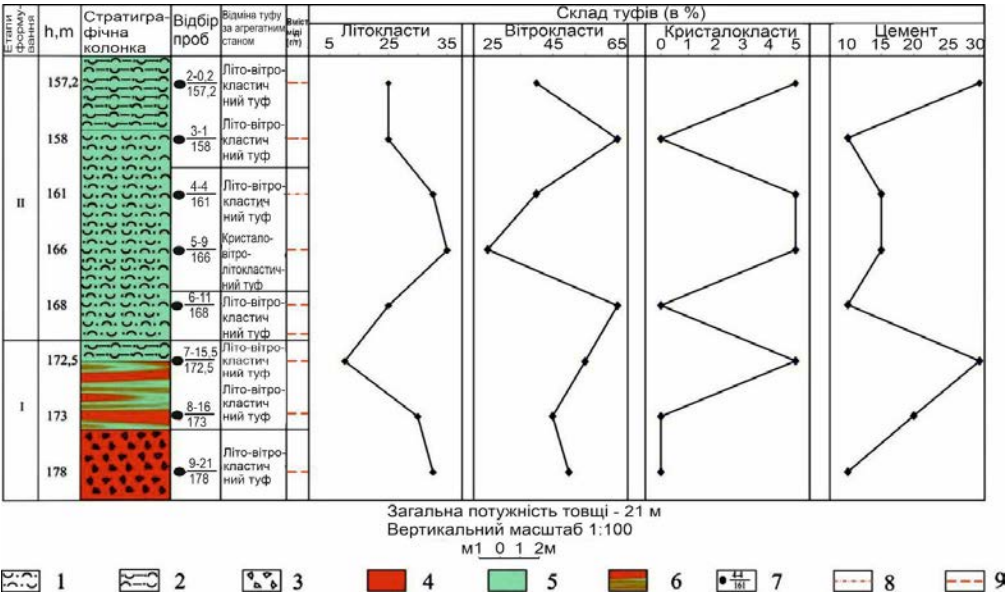


Рис. 3. Речовинні, структурно-текстурні особливості туфів зорянської товщі за розрізом свердловини 8282

Умовні позначення: відміни туфів (св. 8282): 1 – псамітові, 2 – алевритові, 3 – жорства; забарвлення туфів: 4 – буре, 5 – сіро-зелене, 6 – перешарування бурих та сіро-зелених туфів; 7 – точка відбору проби (4 – номер візця; 4 – відстань від покрівлі туфового утворення; 161 – глибина); вміст міди (г/т): 8 – менше 120, 9 – 120–500; h, м – глибина відбору проби

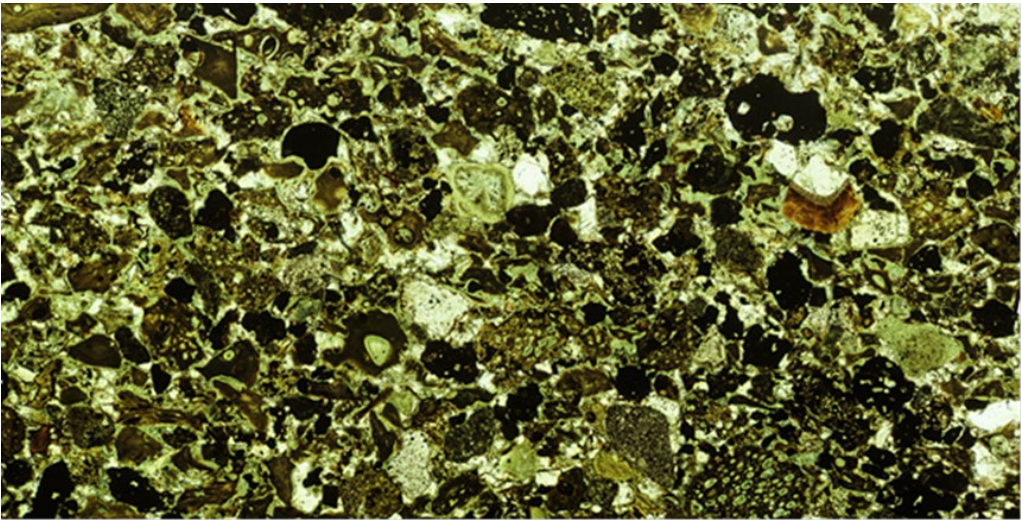


Рис. 4. Псамітовий літо-вітрокластичний туф. Ніколі ||. Ширина поля зору – 10 мм. Зорянська товща. Св. 8282. Шліф 8282/3. Глибина відбору – 158 м.

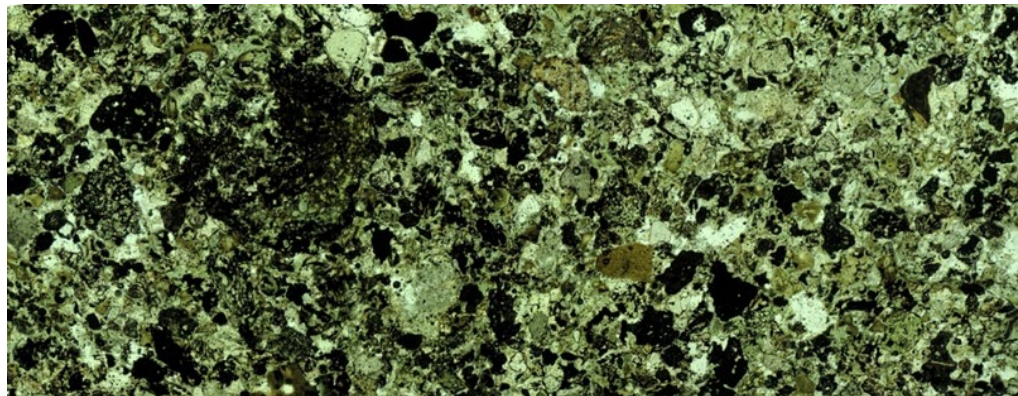


Рис. 5. Псамітовий кристало-вітро-літокластичний туф. Ніколі ||. Ширина поля зору – 12 мм. Зорянська товща. Св. 8282. Шліф 8282/5. Глибина відбору – 166 м.

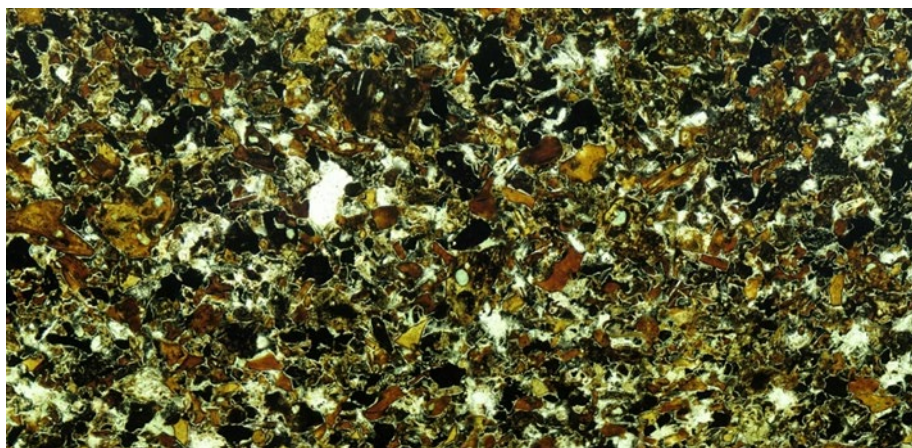


Рис. 6. Псаміто-алевритовий літо-вітрокластичний туф. Ніколі ||. Ширина поля зору – 4 м. Зорянська товща. Св. 8282. Шліф 8282/6. Глибина відбору – 168 м.

трапляється змінене вулканічне скло й базальти. Форма еліпсоподібна, розмір переважальної частини уламків 0,01–0,5 мм. Уламки орієнтовані за нашаруванням.

У другому ритмі товщиною 12,4 м за структурними особливостями переважає алевро-псамітова відміна. Псамітову частину становлять базальт та вулканічне скло. Базальти афірові, інтерсертальні, трапляються дуже змінені, хлоритизовані, гематитизовані. Форма витягнута та округла. Наявні газові порожнини орієнтовані так само, як уламки, що може свідчити про первинну природу туфових утворень. Порожнини виповнені хлоритовим, цеолітовим і халцедоновим агрегатами. Інколи спостерігаються ознаки спікання у вигляді нечітких границь. Вулканічне скло палагонізоване, різної форми: сплющене, краплеподібне. Водночас зазначається наявність ксеногенного матеріалу, зокрема кварцу округло-ізометричної форми (розмір 0,01–0,2 мм).

У результаті петрографічного вивчення розрізу відкладів зорянської товщі є підстави вважати, що вони формувалися в режимі гравітаційного осадження пірокластичного

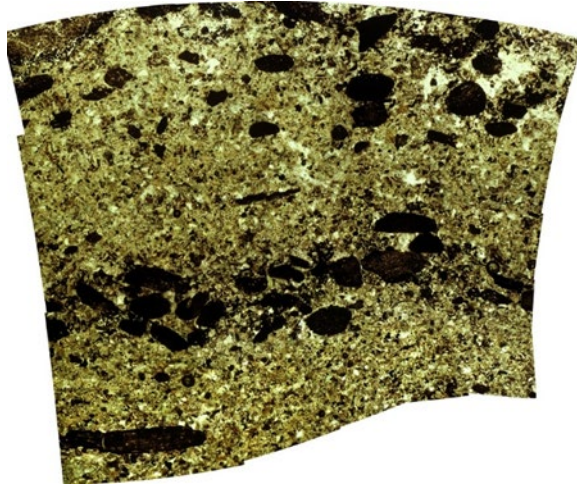


Рис. 7. Псефіто-псаміто-алевритовий літо-вітрокластичний спечений туф із шаруватою текстурою. Ніколі ||. Ширина поля зору – 8 мм. Зорянська товща. Св. 8282. Шліф 8282/8. Глибина відбору – 173 м.

матеріалу з нагромадженням туфових відкладів на стадії неповного застигання вулканічного матеріалу і формування грубої, неритмічної шаруватості. Чітких ознак перевідкладення, тобто вулканоміктового походження, для туфів зорянської товщі не виявлено. Присутність алевро-пелітового ксеногенного матеріалу не дає підстав уважати утворення туфових товщ вулканоміктовими. Про це свідчить також низка інших даних: ознаки спеченості, відсутність обкатаності, поступові переходи між туфами різної розмірності, просторовий розподіл туфових утворень за розмірністю уламків та їх співвідношенням у розрізі.

Ці міркування підтверджуються опосередкованими фактами, насамперед такими, як рельєф поверхонь, на яких залягають туфи відповідних стратиграфічних підрозділів, на якому не фіксуються ознаки інтенсивного розмиву, різкі форми тощо. Але це не виключає сповзання нагромаджених товщ пологими схилами на відносно невеликій віддалі.

Петрохімічні дослідження. На основі представницьких хімічних аналізів туфів зорянської товщі (св. 8282) (табл. 1) і проведених петрохімічних перерахунків за [5] побудовано гістограми розподілу вмістів петрогенних оксидів, міді, нікелю і цинку та зображено основні петрохімічні параметри вулканоміктової зорянської товщі (рис. 8).

Майже для всіх петрогенних оксидів досліджуваних порід характерний стрибкоподібний розподіл умістів. Уміст міді коливається від 100 до 280 г/т, це відносно низький вміст порівняно з можливими концентраціями 4800 г/т, як у туфовій товщі бабинської світи [4].

За коефіцієнтом глиноземистості ($al' = Al_2O_3 / (Fe_2O_3 + FeO + MgO)$), який добре корелює з відносною кількістю кольорових і лейкократових мінералів у гірських породах, усі досліджувані проби віднесено до двох відмін: низькоглиноземистих ($al' < 0,75$) та помірноглиноземистих ($al' = 0,75-1$) зі зміною значень від 0,62 до 0,90 мас. % (рис. 9).

За співвідношенням лугів $Na_2O/K_2O - 1,24-3,30$ мас. % туфова товща вкладається в показники калієво-натрієвої серії (рис. 10).

За коефіцієнтом фемічності ($f' = FeO + Fe_2O_3 + MgO + TiO_2$), що відображає в породах загальну кількість фемічних оксидів – 17,26–22,82 мас. %, вона відповідає мезо-меланократовим відмінам (рис. 11).

Таблиця 1

Хімічний склад та петрохімічні параметри туфів зорянської товщі, св. 8282
(розріз максимальної товщини – 9,0 м)

№ проби	Глибина відбору, м	вміст оксидів в мас. %												Cu, г/т	Ni, г/т	Zn, г/т	all	Na2O/K2O	f	К.ф	Fm		
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O									вип	Сума
2	157,2	52,71	1,47	11,88	10,64	2,25	4,62	5,73	0,23	0,97	3,2	0,24	1,15	4,9	99,99	280	140	290	0,64	3,30	20,09	69,23	55,51
3	158	49,26	1,47	13,14	8,76	3,23	2,37	9,36	0,23	1,1	3	0,17	1,88	6,22	100,19	260	130	280	0,62	2,73	22,82	56,16	61,12
4	161	47,52	1,75	15,1	11,67	0,88	1,94	4,99	0,08	1,66	5,23	0,22	3,33	5,73	100,1	100	80	140	0,86	3,15	19,29	71,55	61,47
5	166	49,62	1,75	15,05	9,75	1,47	1,12	7,66	0,21	2,12	3,46	0,2	2,34	5,46	100,21	190	100	190	0,80	1,63	20,63	59,43	57,70
6	168	47,65	1,74	14,31	9,01	2,23	1,33	8,41	0,19	1,58	4,6	0,18	2,19	6,62	100,04	200	110	240	0,73	2,91	21,39	57,20	60,15
7	172,5	48,63	1,56	14,09	8,3	3,35	2,25	8,91	0,26	1,84	2,33	0,19	2,56	5,83	100,1	260	130	190	0,69	1,27	22,12	56,66	59,35
8	173	57,03	1,34	11,97	8,57	2,65	0,84	7,02	0,2	1,8	2,23	0,28	1,38	4,81	100,12	230	130	130	0,66	1,24	19,58	61,51	47,01
9	178	52,32	1,61	14,08	9,22	0,94	1,8	5,49	0,13	1,73	2,57	0,21	5,36	4,69	100,15	130	90	180	0,90	1,49	17,26	64,92	47,53

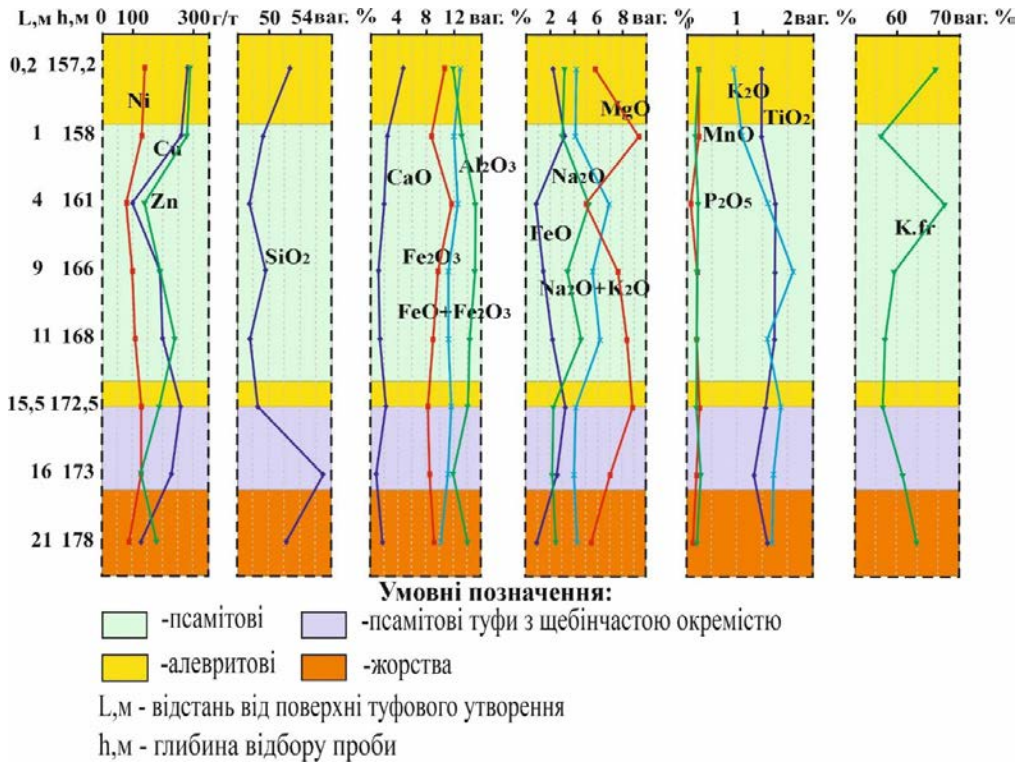


Рис. 8. Варіації вмістів з глибиною міді, нікелю, цинку, головних петрогенних компонентів, основних петрохімічних параметрів вулканоміктової зорянської товщі за розрізом св. 8282 (розріз максимальної товщини)

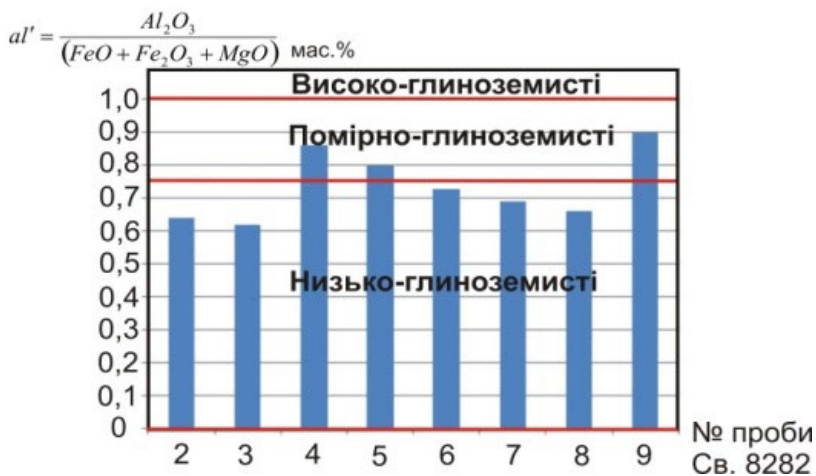


Рис. 9. Відміни туфів зорянської товщі трапової формації Західної Волині за петрохімічним показником глиноземистості (al') (свердловина 8282, глибина відбору проб – 157,2–178 м)



Рис. 10. Відміни туфів зорянської товщі трапової формації Західної Волині за петрохімічним показником $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (свердловина 8282, глибина відбору проб – 157,2–178 м)

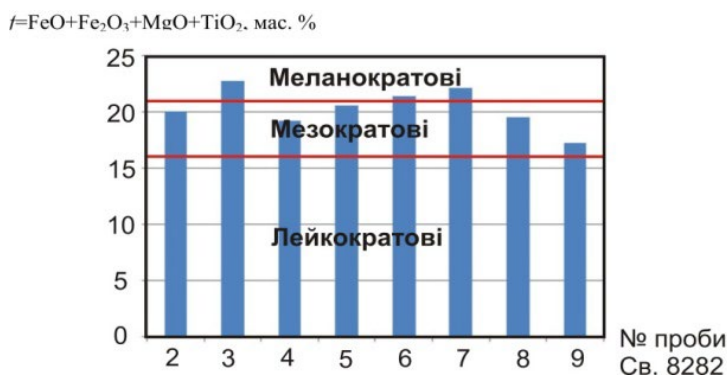


Рис. 11. Відміни туфів зорянської товщі трапової формації Західної Волині за петрохімічним показником фермічності (f) (свердловина 8282, глибина відбору проб – 157,2–178 м)

Магнезіальність (Fm) ($Fm = 100 \times (\text{MgO} + \text{Fe} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3) / \text{SiO}_2$, мас. %) – 47,01–61,47 мас. % (рис. 12).

Коефіцієнт фракціонування для встановлення ступеня диференціації основних порід (К.ф.) ($\text{К.ф.} = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) \times 100 / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO})$, мас. %) – 56,16–71,55 мас. % (див. рис. 8). Загалом коефіцієнт фракціонування для всіх світ і товщ становить 55–85 мас. %. На підставі аналізу цих даних можна дійти висновку, що трапова формація приблизно однаково значною мірою зазнала фракціонування у напрямку від вапняково-лужних до толейтових відмін.

Оцінювання прикладного значення. Незаперечною є висока практична значущість цеоліт-сметитових туфів Західної Волині [8]: для сільського господарства – це мінеральні добрива, стабілізатор рослинного живлення, для зберігання насіння; для будівельної індустрії – виготовлення цегли, черепиці, керамічної плитки, цементу, керамзиту, як пігменти для фарб та кольорових бетонів; у природоохоронних заходах – меліорація радіоактивно-забруднених ґрунтів та очистка стічних вод від NH_4 ; як в'язучий матеріал – для окатування руд і добрив. Розмаїті типи корисних копалин, приурочених до трапів, просторово

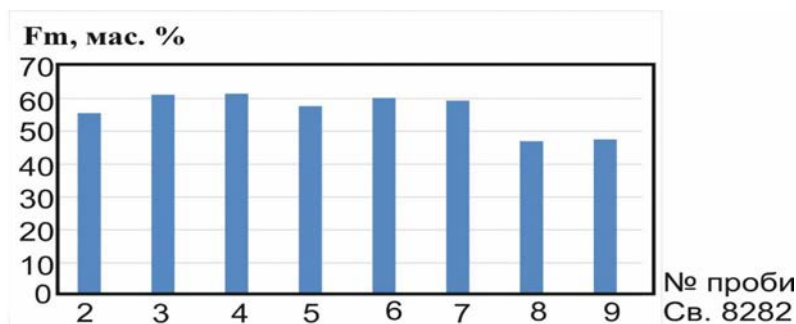


Рис. 12. Відміни туфів зорянської товщі трапової формації Західної Волині за петрохімічним показником магнезальності (Fm) (свердловина 8282, глибина відбору проб – 157,2–178 м)

і генетично тісно пов'язані, тому доцільність їхнього комплексного видобутку і переробки не викликає сумнівів. До найперспективніших для освоєння з розвіданих родовищ можуть бути віднесені родовища Рафалівського поля, у породних комплексах якого вдало поєднуються базальти, цеоліт-сметитові туфи, самородна мідь та супутні метали, виробні камені. Концентрації розсіяно-вкрапленої міді в базальтах і туфах рідко перевищують 0,3 %. Проте з огляду на стратиформний характер значне поширення за площею, наявність потужних рудовмісних інтервалів (до 7–8 м), цей тип зруденіння слід уважати перспективним на виявлення покладів руд із відносно низькими вмістами міді, але зі значними її ресурсами і запасами.

Висновки. Наведено результати комплексних досліджень зорянської вулканоміктової товщі (зорянських верств) (V_1Zr) трапової формації Західної Волині, у яких фіксується значна перевага експлозивного матеріалу.

Схарактеризовано особливості просторового поширення, мінерального складу, петрографічних і петрохімічних властивостей туфів у повних розрізах зорянської товщі (від підшови до покрівлі), визначено їхнє походження та можливе практичне значення у зв'язку з наявністю міді.

Проаналізовано товщину і палеорельєф за даними свердловин, які розкрили утворення зорянської товщі в місцях її найбільшого поширення. Визначено важливі структурні особливості як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Для наочності побудовано карти, що відображають товщину і рельєф палеоповерхні пірокластичних порід, зокрема в районі населених пунктів Ратне і Камінь-Каширський.

Аналіз петрографічних особливостей досліджуваних відкладів засвідчує відсутність чітких ознак перевідкладення, тобто вулканоміктового походження туфів зорянської товщі в межах регіону (подібно до туфів бабинської світи).

За петрохімічними параметрами виявлено належність туфів зорянської товщі до низько-помірноглиноземистих, калієво-натрієвих, мезо-меланократових відмін. Уміст міді у туфах характеризується відносно невисокими значеннями, що може вказувати на невизначеність зорянської товщі щодо мідного зруденіння, що потребує подальших цілеспрямованих досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бацевич Н. В., Наумко І. М., Федоришин Ю. І. Петрографічна характеристика пірокластичного матеріалу у межах бабинської світи і зорянської товщі трапової формації

- Західної Волині. *Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття*: Зб. пр. Всеукр. конф. (MinGeoIntegration XXI–2023) (Київ, 27–29 верес. 2023 р.). Київ : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2023. С. 97–100.
2. Бацевич Н. В., Наумко І. М., Федоришин Ю. І. Туфи бабинської світи трапової формації Західної Волині: петрографія, петрохімія, генетичне і прикладне значення. *Проблеми прикладних геологічних наук і шляхи їх подолання (до 160-річчя від дня народження В. І. Вернадського)*: Зб. матеріалів Всеукр. наук. конф. (Київ, 19–20 верес. 2023 р.) / НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка. Київ, 2023. С. 52–57.
 3. Бацевич Н., Наумко І. Матеріали до петрографо-петрохімічної характеристики вулканоміктових утворень зорянської товщі трапової формації Західної Волині. *International scientific journal GRAAL OF SCIENCE*, № 36 (February, 2024) with the proceedings of the VII Correspondence International Scientific and Practical Conference «An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary» held on February 16th, 2024 by NGO European Scientific Platform (Vinnitsia Ukraine) and LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria). 2024. P. 555–557. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.16.02.2024.098>.
 4. Бацевич Н. В., Наумко І. М., Федоришин Ю. І. Туфи бабинської світи трапової формації Західної Волині: мінералогія, петрографія, петрохімія, генетичне і прикладне значення. *Геол. журн.* 2024. № 2 (387). С. 18–34. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.2.296417>
 5. Ефремова С. В., Стафеев К. Г. Петрохимические методы исследования горных пород. Справочное пособие. 1985. 511 с.
 6. Лазаренко Є. К., Матковський О. І., Винар О. М., Шашкіна В. П., Гнатів Г. М. Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1960. 510 с.
 7. Лазаренко Є. К., Воловник Б. Я. Нові дані про будову вулканогенної товщі волинської серії західної окраїни Руської платформи. *Геол. журн.* 1969. Т. 29, Вип. 1 (124). С. 12–22.
 8. Мельничук В. Г. Товща цеоліт-сметитових туфів у нижньовендських трапах південно-західної частини Східно-Європейської платформи, їх походження та перспективи використання. *Зб. наук. пр. Ін-ту геол. наук НАН України*. 2008. Вип. 1. С. 104–111.
 9. Мельничук В. Г. Геологія та міденосність нижньовендських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи: автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2010. 36 с.
 10. Мельничук В. Г. Міденосні трапи Волині і суміжних територій Східної Європи. Рівне : НУВГП, 2022. 328 с.
 11. Мельничук В. Г., Матеюк В. В. Туфи Волино-Поділля як новий вид мінеральних ресурсів. *Проблеми раціонального використання, охорони і відтворення природно-ресурсного потенціалу України*. Чернівці : Рута, 2000. С. 133–134.
 12. Мельничук В., Мельничук Г. Оновлена стратиграфічна схема неопротерозою Волино-Поділля. *Проблеми геології України: Зб. наук. пр. за результатами XIII Всеукр. наук. конф.* (Львів, 3–5 жовт. 2022 р.). Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. С. 36–45.
 13. Мідь Волині. *Наук. пр. Ін-ту фундамент. Досліджень*: Шумлянський В. О. (відп. ред.). Київ, 2002. 112 с.
 14. Нестерович Н. В. Геохімія флюїдів середовища формування міденосних парагенезів у вулканітах трапової формації зони зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали: автореф. дис. ... канд. геол. наук (прирівнюється до доктора філософії). Львів, 2014. 20 с.
 15. Ткачук Л. Г. (отв. ред.). Пирокластические породы Украины. *Киев: Наукова думка*, 1977. 156 с.

16. Шумлянський В. О., Деревська К. І., Сингаївський Є. Д., Чернишова Н. С. Мідно-цео-літова мінералізація у базальтових туфах венду на західному схилі Українського щита і природа мінералізуючих розчинів. *Дон. АН УРСР*. 1991. № 9. С. 136–139.
17. Alexander P. O., Thomas H. Copper in Deccan Basalts (India): review of the abundance and patterns of distribution. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*. 2011. No. 79–81. (Rosario, 01-07-2011). P. 107–112.
18. Blake, Tim S. Cyclic continental mafic tuff and flood basalt volcanism in the Late Archaean Nullagine and Mount Jope Supersequences in the eastern Pilbara, Western Australia. *Precambrian Research*, 2001, Vol. 107, Issue 3-4, P. 139–177.
19. Kale V.S., Bodas M., Chatterjee P., Pande K. Emplacement history and evolution of the Deccan Volcanic Province, India. *Episodes*. 2020. No. 43. P. 278–299. <https://doi.org/10.18814/EPIUGS/2020/020016>.
20. Kearey P., Klepeis K. A., Vine F. J. (2009). Global tectonics. 3rd ed. Wiley-Blackwell. 482 p.
21. Naumko I., Batsevych N., Fedoryshyn Yu., Pavlyuk M., Myshchyshyn Yu., Repyn I. Peculiarities of the distribution of thickness and paleo-surface relief of basalts of Luchychi strata (Western Volyn). *Geodynamics*. 2021. No. 1 (30). P. 36–47. <https://doi.org/10.23939/jgd.2021.01.036>
22. Ross P.-S., Ukstins Peate I., McClintock M.K., Xu Y.G., Skilling I.P., White J.D.L., and Houghton B.F. Mafic volcanoclastic deposits in flood basalt provinces: a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2005. Vol. 145. P. 281–314. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2005.02.003>.
23. Scott E. Bryan, Richard E. Ernst Revised definition of Large Igneous Provinces (LIPs)]. *Earth-Science Reviews*. Volume 86, Issues 1–4, January 2008, Pages 175–202.

REFERENCES

1. Batsevych, N.V., Naumko, I.M., Fedoryshyn, Yu.I. (2023). Petrohrafichna kharakterystyka piroklastychnoho materialu u mezhakh babynskoi svity i zorianskoi tovshchi trapovoi formatsii Zakhidnoi Volyni [Petrographic characteristics of pyroclastic material within the Babynskaya suite and Zoryanskaya sequence of the Trapezov formation of Western Volyn]. *Vid Mineralohii i Heohnozii do Heokhimii, Petrolohii, Heolohii ta Heofizyky: fundamentalni i prykladni trendy XXI stolittia: Zb. pr. Vseukr. konf. (MinGeoIntegration XXI–2023) (Kyiv, 27–29 veres. 2023 r.)*. Kyiv: KNU im. Tarasa Shevchenka. S. 97–100. [in Ukrainian].
2. Batsevych, N.V., Naumko, I.M., Fedoryshyn, Yu.I. (2023). Tufy babynskoi svity trapovoi formatsii Zakhidnoi Volyni: petrohrafiia, petrokhimii, henetychne i prykladne znachennia [Tuffs of the Babynskaya suite of the Trappist Formation of Western Volyn: petrography, petrochemistry, genetic and applied significance]. *Problemy prykladnykh heolohichnykh nauk i shliakhy yikh podolannia (do 160-richchia vid dnia narodzhennia V.I. Vernadskoho): Zb. materialiv Vseukr. nauk. konf. (Kyiv, 19–20 veres. 2023 r.) / NAN Ukrainy, In-t heokhimii, mineralohii ta rudoutvorennia im. M.P. Semenka*. Kyiv, 52–57. [in Ukrainian].
3. Batsevych, N., & Naumko, I. (2024). Materialy do petrohrafo-petrokhimichnoi kharakterystyky vulkanomiktovykh utvoren zorianskoi tovshchi trapovoi formatsii Zakhidnoi Volyni [Materials for the petrographic and petrochemical characterization of volcanomictic formations of the Zoryanskaya sequence of the Trapa Formation of Western Volyn]. *International scientific journal GRAAL OF SCIENCE, № 36 (February, 2024)* with the proceedings of the VII Correspondence International Scientific and Practical Conference «An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary» held on February 16th, 2024 by NGO European Scientific Platform (Vinnytsia Ukraine) and LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria). P. 555–557. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.16.02.2024.098>. [in Ukrainian].
4. Batsevych, N.V., Naumko, I.M., Fedoryshyn, Yu.I. (2024). Tufy babynskoi svity trapovoi formatsii Zakhidnoi Volyni: mineralohii, petrohrafiia, petrokhimii, henetychne i prykladne znachennia [Tuffs of the Babynskaya stele of the Trappist Formation of Western Volyn: mineralogy, petrography, petrochemistry, genetic and applied significance]. *Heol. zhurn. – Geol. Journ.*, 2(387), 18–34. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.2.296417> [in Ukrainian].
5. Efremova, S.V., Stafeyev, K.H. (1985). Petrokhymycheskye metody yssledovaniya hornykh porod [Petrochemical methods of exploration of rocks. Reference manual]. *Spravochnoe posobie*. 511 s. [in Ukrainian].

6. Lazarenko, Ye.K., Matkovskiy, O.I., Vynar, O.M., Shashkina, V.P., Hnativ, H.M. (1960). Mineralohiia vyverzhennykh kompleksiv Zakhidnoi Volyni [Mineralogy of the eruptive complexes of Western Volyn]. *Lviv: Vyd-vo Lviv. un-tu*, 510 s. [in Ukrainian].
7. Lazarenko, Ye.K., Volovnyk, B.Ia. (1969). Novi dani pro budovu vulkanohennoi tovshchi volynskoi serii zakhidnoi okrainy Ruskoï platformy [New data on the structure of the volcanogenic stratum of the Volyn series of the western margin of the Russian platform]. *Heol. zhurn.* T. 29. Vyp. 1 (124). S. 12–22. [in Ukrainian].
8. Melnychuk, V.H. (2008). Tovshcha tseolit-smektytovykh tufiv u nyzhnovendskykh trapakh pivdenno-zakhidnoi chastyny Skhidno-Yevropeiskoi platformy, yikh pokhodzhennia ta perspektyvy vykorystannia [The stratum of zeolite-smectite tuffs in the Lower Vendian traps of the southwestern part of the East European platform, their origin and prospects for use]. *Zb. nauk. pr. In-tu heol. nauk NAN Ukrainy*. Vyp. 1. S. 104–111. [in Ukrainian].
9. Melnychuk, V.H. (2010). Heolohiia ta midenosnist nyzhnovendskykh trapovykh kompleksiv pivdenno-zakhidnoi chastyny Skhidnoevropeiskoi platformy [Geology and copper content of the Lower Vendian trap complexes of the southwestern part of the East European Platform]: *avtoref. dys. ... d-ra heol. nauk*. Kyiv, 36 s. [in Ukrainian].
10. Melnychuk, V.H. (2022). Midenosni trapy Volyni i sumizhnykh terytorii Skhidnoi Yevropy [Copper-bearing traps of Volyn and adjacent territories of Eastern Europe]. Rivne: NUVHP. 328 s. [in Ukrainian].
11. Melnychuk, V.H., Mateiuk, V.V. (2000). Tufy Volyno-Podillia yak novyi vyd mineralnykh resursiv [Volyn-Podillia tuffs as a new type of mineral resources. Problems of rational use, protection and reproduction of the natural resource potential of Ukraine]. *Problemy ratsionalnoho vykorystannia, okhorony i vidtvorennia pryrodno-resursnoho potentsialu Ukrainy*. Chernivtsi: Ruta. S. 133–134. [in Ukrainian].
12. Melnychuk, V., Melnychuk, H. (2022). Onovlena stratyhafichna skhema neoproterozoïu Volyno-Podillia [Updated stratigraphic scheme of the Neoproterozoic Volyn-Podil'ya]. *Problemy heolohii Ukrainy: Zb. nauk. pr. za rezultatsy KhIII Vseukr. nauk. konf.* (Lviv, 3–5 zhovt. 2022 r.). Lviv: LNU im. Ivana Franka, S. 36–45. [in Ukrainian].
13. Mid Volyni [Copper of Volyn]. (2002). *Nauk. pr. In-tu fundament. Doslidzhen: Shumlianskyi V.O. (vidp. red.)*. Kyiv, 112 s. [in Ukrainian].
14. Nesterovych, N.V. (2014). Heokhimiia fluidiv seredovyshcha formuvannia midenosnykh paragenезiv u vulkanitakh trapovoi formatsii zony zchlenuvannia Volynskoho paleozoiskoho pidniattia i Volyno-Podil'skoi monoklinali [Geochemistry of fluids of the environment of formation of copper-bearing parageneses in volcanic rocks of the Trapov Formation of the junction zone of the Volyn Paleozoic uplift and the Volyn-Podil'ya monocline]: *avtoref. dys. ... kand. heol. nauk (pryivniuietsia do doktora filosofii)*. Lviv, 20 s. [in Ukrainian].
15. Tkachuk, L.H. (otv. red.). (1977). Pyroklastycheskye porody Ukrainy [Pyroclastic rocks of Ukraine]. *Kyev: Naukova dumka*, 156 s. [in Ukrainian].
16. Shumlanskyi, V.O., Derevska, K.I., Synhaivskyi, Ye.D., Chernyshova, N.S. (1991). Midno-tseolitova mineralizatsiia u bazaltovykh tufakh vendu na zakhidnomu skhyli Ukrainiskoho shchyta i pryroda mineralizuiuchykh rozchyniv [Copper-zeolite mineralization in Vendian basaltic tuffs on the western slope of the Ukrainian Shield and the nature of mineralizing solutions]. *Dop. AN URSR*. № 9. S. 136–139. [in Ukrainian].
17. Alexander, P.O. & Thomas, H. (2011). Copper in Deccan Basalts (India): review of the abundance and patterns of distribution. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*. 2011. No. 79–81. (Rosario, 01-07-2011). P. 107–112.
18. Blake, Tim S. (2001). Cyclic continental mafic tuff and flood basalt volcanism in the Late Archaean Nullagine and Mount Jope Supersequences in the eastern Pilbara, Western Australia. *Precambrian Research*. 2001. Vol. 107. Issue 3-4. Pp. 139–177.
19. Kale, V.S., Bodas, M., Chatterjee, P., Pande, K. (2020). Emplacement history and evolution of the Deccan Volcanic Province, India. *Episodes*. No. 43. P. 278–299. <https://doi.org/10.18814/EPIUGS/2020/020016>
20. Kearey, P., Klepeis, K. A., Vine, F. J. (2009). *Global tectonics*. 3rd ed. Wiley-Blackwell. 482 p.
21. Naumko, I., Batsevych, N., Fedoryshyn, Yu., Pavlyuk, M., Myshchyshyn, Yu., Repyn, I. (2021). Peculiarities of the distribution of thickness and paleo-surface relief of

- basalts of Luchychi strata (Western Volyn). *Geodynamics*. No. 1 (30). P. 36–47. <https://doi.org/10.23939/jgd.2021.01.036>
22. Ross, P.-S., Ukstins Peate, I., McClintock, M.K., Xu, Y.G., Skilling, I.P., White, J.D.L., and Houghton, B.F. (2005). Mafic volcanoclastic deposits in flood basalt provinces: a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 145. P. 281–314. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2005.02.003>.
23. Scott, E. Bryan, Richard E. Ernst. (2008). Revised definition of Large Igneous Provinces (LIPs)]. *Earth-Science Reviews*. Volume 86. Issues 1–4. January 2008. Pages 175–202.

MATERIALS FOR PETROGRAPHICAL AND PETROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF VOLCANOMICTIC FORMATIONS OF ZORYANY THICKER OF THE CONTINENTAL FLOOD BASALTS OF WESTERN VOLYN

Nataliia Batsevych, Ihor Naumko

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine, Naukova Str., 3-a, Lviv, Ukraine, 79060
e-mail: natalja_bats@ukr.net, naumko@ukr.net

The results of comprehensive studies of full sections of the Zoryansk volcanomictic stratum (Zoryansk layers) (V1zr) of the trap formation of Western Volyn with a significant predominance of explosive material are presented for the purpose of studying the spatial distribution and mineral composition, identifying petrographic and petrochemical features and practical significance of tuffs.

The results of comprehensive studies of complete sections of the Zoryany volcanomictic stratum (Zoryany layers) (V1zr) of the continental flood basalts of Western Volyn with a significant predominance of explosive material are presented for the purpose of studying the spatial distribution and mineral composition, identifying petrographic and petrochemical features and practical significance of tuffs. The thickness and paleorelief were analyzed according to the data of wells that revealed formation of the Zoryany stratum in places of its greatest distribution. Important structural features were determined in both vertical and horizontal directions. For clarity, maps were constructed that reflect thickness and relief of paleosurface of pyroclastic rocks, in particular in area of the settlements of Ratne and Kamin-Kashyrskiy. As a result of petrographic study of section of deposits of the Zoryany stratum, there is reason to believe that they were formed in the mode of gravitational deposition of pyroclastic material with the accumulation of tuff deposits at the stage of incomplete solidification of volcanic material and formation of coarse irregular layering. Clear signs of redeposition, i.e. volcanomictic origin, for the tuffs of the Zoryany stratum within the region (similar to the tuffs of the Babyno suite) have not been found. These considerations are confirmed by indirect facts, such as relief of surfaces on which tuffs of corresponding stratigraphic units lie, first of all, which does not show signs of intensive erosion, sharp shapes, etc. But this did not exclude sliding of accumulated strata along gentle slopes over relatively short distances. According to petrochemical parameters, the tuffs of the Zoryany stratum belong to low-moderate alumina, potassium-sodium, meso-melanocratic varieties. The copper content in the tuffs is characterized by relatively low values, which may indicate uncertain prospects for copper mineralization of the Zoryany stratum and requires further targeted research.

Key words: Zoryany thicker, pyroclastic material, tuffs, the continental flood basalts, Western Volyn.

Дата надходження статті: 28.07.2025

Дата прийняття статті: 25.08.2025

Опубліковано: 29.10.2025