

УДК 551.7:553.431:552.323(4+5) (477.8)

Ігор НАУМКО, Наталя БАЦЕВИЧ, Юрій ФЕДОРИШИН, Юрій МИЩИШИН,  
Ігор РЕПИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна, phone +38(032)2636014, e-mail: naumko@ukr.net, natalja\_bats@ukr.net, <sup>1a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3735-047X>,  
<sup>1b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0644-5364>, <sup>1c</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4005-0427>, <sup>1d</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8741-0624>, <sup>1e</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7909-7401>, <sup>1f</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6071-1192>

<https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.036>

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ТОВЩИНИ І РЕЛЬЄФУ ПАЛЕОПОВЕРХНІ БАЗАЛЬТІВ ЛУЧИЧІВСЬКОЇ ТОВЩІ (ЗАХІДНА ВОЛИНЬ)

**Мета.** Дослідити особливості просторового розподілу товщини і палеорельєфу базальтів лучичівської товщі ратнівської світи трапової формації едіакарію Ратне–Камінь-Каширської площі Західної Волині за допомогою карт товщини і рельєфу палеоповерхні для проведення кореляції між вказаними параметрами товщі та просторовою зміною концентрацій самородномідного зруденіння і його локалізацією відносно покрівлі (підшови) товщі. **Методика.** Включає польові геологічні дослідження; петрографію базальтів, структурні особливості (ступінь розкристалізації мезостазису, структурне положення мінералів та, зокрема, міді, співвідношення глобулярних утворень і мінералів, які їх оточують, взаємовідношення між глобулями), макро- та мікротектурні особливості порід; геохімічні дослідження: встановлення вмісту основних хімічних компонентів порід методом валового хімічного аналізу та вмісту міді; геолого-морфоструктурні дослідження: побудова карти палеорельєфу і товщини лучичівської товщі трапової формації (за даними розрізу свердловин). **Результати.** На основі побудованих карт товщини і палеоповерхні лучичівської товщі показано просторову мінливість товщини базальтів та відображення результативної тектонічної ситуації на її палеоповерхні, які можна «читати» за елементами рельєфу. Встановлено, що високі вмісти міді в базальтах просторово приурочені до ділянок максимальних товщин і зміщені за вертикаллю до припокрівельної та, частково, припідшовенної частин товщі базальтів, а ступінь їхньої розкристалізації наростає у напрямку внутрішніх частин тіл. Така ситуація з просторовим розташуванням самородномідного зруденіння вказує на існування в межах вказаних ділянок локальних ізольованих термостатованих систем, які еволюціонували у своїх внутрішніх частинах в умовах, що були наближені до інтрузивних (відносно повільне зниження температури розплаву, кристалізація породних відмін практично позбавлених вулканічного скла – долерито-базальтів з переходом до долеритів у центральній частині). Такі фізико-хімічні умови зумовили тривалу міграцію газових, газово-рідинних та рідинних флюїдів, забезпечуючи супутню екстракцію, концентрацію, перенесення і відкладання не лише самородної міді, але й цілого ряду петрогенних оксидів (луги, залізо, частково кальцій, сіліцій). Останні утворювали згодом низку низькотемпературних мінералів, найбільш поширеними з яких є цеоліти, кальцит, сполуки заліза. На ділянках з малою та мінімальною товщиною базальтів вказані вище факти спостерігаються в редукованому вигляді, а подекуди практично відсутні. Встановлено повну відсутність ознак формування гідротермальної міднорудної мінералізації. Останнє підтверджує той факт, що на сьогодні геологічній науці невідомі факти утворення самородномідної мінералізації гідротермального типу. Викладені геологічні та петрогеохімічні факти достовірно нами встановлені і дають підстави розглядати сценарій процесу утворення самородномідної рудної мінералізації стосовно до флюїдно-ліквідійної гіпотези, розробленої і запропонованої свого часу авторами. **Наукова новизна.** Вперше побудовано карти товщини і рельєфу палеоповерхні базальтів лучичівської товщі трапової формації едіакарію Ратне–Камінь-Каширської площі Західної Волині. Вперше на підставі опрацювання фактичного матеріалу показано, що вертикальний розподіл і локалізація самородномідної мінералізації в межах базальтових тіл закономірно пов'язані з їхньою товщиною, а значення вмісту самородної міді знаходиться у прямій залежності з товщиною тіла, досягаючи максимуму на ділянках з максимальною товщиною і фонових значень при мінімальній товщині. **Практична значимість.** Вперше геологічні, петрографічні, геолого-морфоструктурні дані зіставлено із вмістом міді у базальтах лучичівської товщі. Запропонований підхід може бути використано виробничими організаціями геологічного профілю при проведенні пошуково-розвідувальних робіт з метою підготовки перспективних площ до розвідки Північногірницького і Рафалівського рудоносних полів (рудних вузлів) у межах Ратнівської горст-антикліналі. Отриманий оригінальний матеріал може бути поширений як нова методика пошуків самородномідного зруденіння на інших площах поширення трапової формації.

**Ключові слова:** трапи, едіакарій, товщина, палеорельєф, лучичівська товща, Ратне–Камінь-Каширська площа, Західна Волинь.

**Вступ**

Невпинне зростання потреб України в міді посилює зацікавленість останніми десятиліттями траповою формацією Західної Волині як перспективним джерелом дефіцитної мідної сировини [Приходько и др., 1993, Приходько, 2005; Мельничук, 2010]. Самородно-мідну мінералізацію пов'язують з осадово-вулканогенною волинською серією едіакарію платформового чохла Волино-Подільської плити Східноєвропейської платформи. У складі серії виділено (починаючи від найбільш давніх відкладів) горбашівську осадову – вулканогенно-осадову та заболотівську, бабинську і ратнівську вулканогенні світи [Воловник, 1975]. Найбільший інтерес і можливі перспективи щодо виявлення промислово значимого самородномідного зруденіння представляють вулканогенні відклади. Нами вони вивчалися впродовж 2006–2012 рр. в межах Ратне–Камінь-Каширської площі, яка територіально є складовою частиною Волинської міднорудної провінції. Остання розташована у зоні зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської монокліналі (рис. 1) [Мельничук, 2014]. Поряд із зазначеною площею на крилах Ратнівської горст-антикліналі розташовані вже відомі Північногірницьке і Рафалівське рудоносні поля (рудні вузли) [Мельничук, 2018]. Вважаємо, що проведені нами дослідження і отримані результати можуть бути поширені у першу чергу для успішного проведення пошуково-розвідувальних робіт і аповації запропонованої методики.

**Мета**

При дослідженні базальтових порід трапів було зібрано значний обсяг геологічних матеріалів. Вони представляли собою дані з вивчення внутрішньої будови світ і товщ (встановлення та характер границь між світами, товщами та окремими потоками в межах останніх, товщини та внутрішньої зональності окремих потоків, ступеню розкristалізованості), товщин окремих стратиграфічних одиниць та потоків. Окрему увагу приділяли просторовому поширенню мідного зруденіння в межах стратиграфічних одиниць та окремих потоків. Паралельно вели опрацювання матеріалів з аналізу розподілу мідних концентрацій у свердловинах, які повністю або частково перетнули ту чи іншу стратиграфічну одиницю, морфології мідних утворень, їхній структурній позиції, петрографічних особливостях базальтових відмін [Федоришин та ін., 2010].

Емпірично для окремих свердловин, які перетнули ту чи іншу товщу або світу, було встановлено зв'язок високих та максимальних концентрацій міді з потоками середньої та максимальної

товщини, а мідне зруденіння в цих свердловинах тяжіло до припокрівельних, частково припідшовених частин потоків.

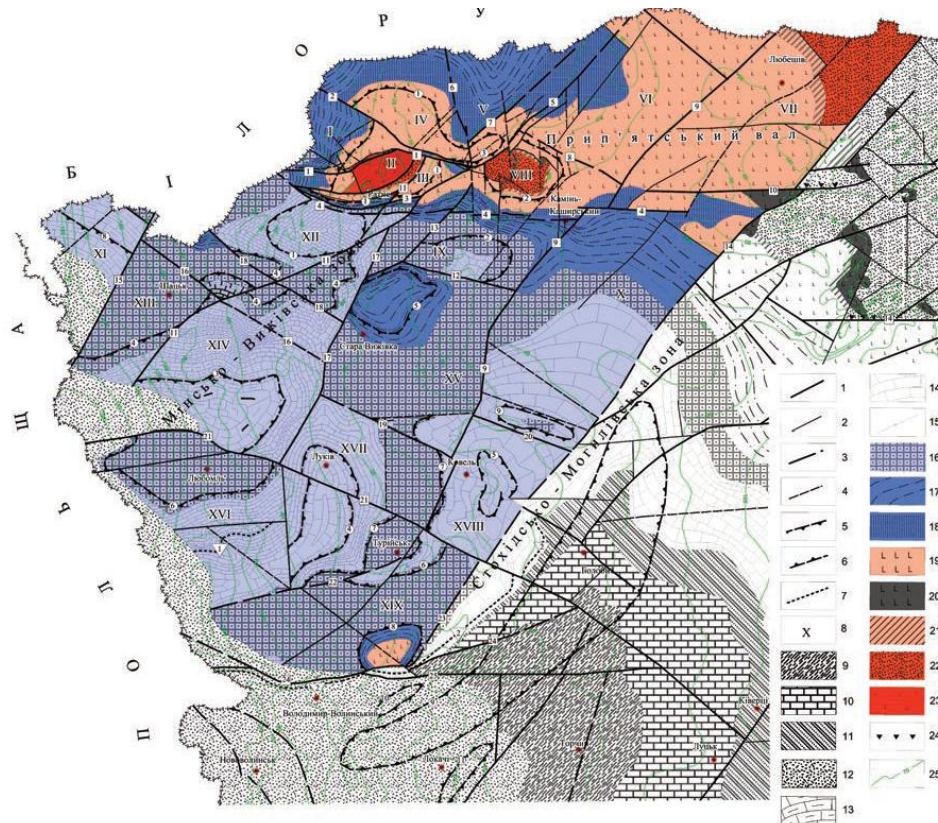
Аналізуючи вказані результати, виникло закономірне запитання: який зв'язок може існувати між товщиною виліву і величиною вмісту самородної міді, та за яких умов досягається завершеність (повнота) процесу її екстракції, подальша концентрація і переміщення до місць кінцевої локалізації.

Тож мета нашого дослідження полягає у тому, щоб довести, наскільки емпірично отримані результати по окремих свердловинах будуть справедливими для всієї Ратне–Камінь-Каширської площі, враховуючи тривалі тектонічні події цього району (зокрема герцинський етап тектонічної діяльності), стратиграфічні перерви у процесі послідовного формування трапових утворень та перекирвної їх осадової товщі фанерозою.

Для реалізації поставленої мети вперше побудовано карти товщин і рельєфу палеоповерхонь для усіх стратиграфічних одиниць. Однак, у цій статті ми обмежилися лише матеріалами, які стосуються лучичівської товщі ратненської світи, оскільки процеси рудно-вулканічної діяльності в її межах проявлені, на нашу думку, з максимальною повнотою, а зібраний матеріал є найбільш повним.

**Фактичний матеріал**

Перспективна Ратне–Камінь-Каширська площа просторово охоплює зону зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської монокліналі. Відклади трапової формації ранньовендського віку тут фіксують зазвичай на глибинах 150–400 м. У межах району пробурено понад 200 свердловин. Опрацьований нами керновий матеріал, який дав змогу з максимальною можливою достовірністю здійснити побудову карти товщин та палеорельєфу, для лучичівської товщі налічував 117 свердловин. Дані по цих свердловинах включали абсолютні відмітки поверхні та підшови і результати визначення вмісту міді. Повнота інформації по журналах свердловин дозволила встановити кількість виливів по кожній з них і здійснити глибинну прив'язку відбору проб на вміст міді. Отриманий матеріал власне і склав підґрунтя для побудови карт товщин і палеорельєфу у цьому випадку для лучичівської товщі. Паралельно вивчали петрографічні особливості базальтів зони загартування, підшови, покрівлі, внутрішніх зон виливів різної товщини, структурного положення різних морфологічних відмін мідних та магнетитових утворень, їхнього структурного положення, вертикальний розподіл вмісту міді відносно окремих виливів, особливості глобулярної структури базальтових порід, повноту їхньої розкristалізації тощо.



**Рис. 1.** Тектонічна схема Волинського палеозойського підняття та його обрамлення, за [Мельничук, 2014]:

1–4 – розривні порушення: 1 – головні достовірні; 2 – головні ймовірні; 3 – другорядні достовірні; 4 – другорядні ймовірні (цифри в квадратах: 1 – Лагожанський; 2 – Кортельський; 3 – Ратнівський; 4 – Південно-Ратнівський; 5 – Щитинський; 6 – Сірчанський; 7 – Катуський; 8 – Броницький; 9 – Камінь-Каширський; 10 – Полицький; 11 – Кримнівський; 12 – Датинський; 13 – Замшанський; 14 – Новочервищанський; 15 – Пульминський; 16 – Заболотівський; 17 – Теклинський; 18 – Гранський; 19 – Смідинський; 20 – Стебленський; 21 – Любомльський; 22 – Кратський; 23 – Туличівський; 24 – Володимир-Волинський; 25 – Красноставський; 26 – Кухітьсько-Вольський; 27 – Більський); 5–7 – плікативні структури: 5 – брахіантикліналі (цифри в кружках: 1 – Ратнівська; 2 – Хотешівська; 3 – Катуська; 4 – Шацька; 5 – Теклинська; 6 – Любомльська; 7 – Турійська; 8 – Оваднівська; 9 – Кричевицька; 10 – Володимирська; 11 – Локачівська; 12 – брахісинкліналі (цифри в кружках: 1 – Заліська; 2 – Дошнівська; 3 – Головнянська; 4 – Ладинь-Смідинська; 5 – Білашівська; 6 – Соловицька; 7 – Підгородна; 8 – Криливецька; 9 – Бубно-Голобська); 7 – флексури (цифри в трикутниках: 1 – Мосирська; 2 – Устилуг-Голобська); 8 – тектонічні блоки; обмежені головними розломами: I – Дівинський; II – Гірницький; III – Поступельський; IV – Річицько-Бродівський; V – Щедрогірський; VI – Катуський; VII – Любешівський; VIII – Хотешівський; IX – Веригинський; X – Полицький; XI – Томашівський; XII – Заліський; XIII – Нікольський; XIV – Головнянський; XV – Чевельський; XVI – Любомльський; XVII – Луківський; XVIII – Ковельський; XIX – Оваднівський; 9 – глинисто-піщовикова вугленосна формація ( $C_1$  ol, vl us, pr, iv, ls, bz, mr) нижньокам'яновугільного структурного ярусу; 10–15 – формації верхньо-середньодевонського структурного ярусу: 10 – карбонатно-теригенна, місцями моласова ( $C_1$  ol, hr, kl;  $D_3$  vv, zpb, lt), 11 – карбонатна ( $D_3$  rt, mt, zl, rm), 12 – теригенно-сульфатно-карбонатна ( $D_3$  pb,  $D_2$  bt, kr, pd, vm, pl, lp); 13–15 – формації ордовіцько-нижньодевонського структурного ярусу: 13–14 – глинисто-карбонатна (13 – сіроколірна граптолітова вапняково-аргілітова підформація ( $D_1$  sl,  $S_2$ - $D_1$  tm,  $S_2$  gc, ml, nv, ol, zb, tr, gr,  $S_1$  kl); 14 – вапнякова підформація ( $S_2$  ks, rd, vi, lg, gr, tr, sb,  $S_1$  kr, šg); 15 – конгломерат-піщовикова-вапнякова ( $O_2$  gr,  $O_1$  sm1), вапнякова ( $O_2$  pč,  $O_1$  sm2); 16–18 – формації верхньовендсько-кембрійського структурного ярусу: 16 – трансресивна глинисто-піщовикова ( $E_3$  vr,  $E_2$  gt, lc,  $E_2$  or, dm, lb, sv), глинисто-піщовикова з глауконітом ( $C_1$  rv, st); 17 – алевроліт-піщовикова строкатколірна ( $V_2$  žt, rk); 18 – вулканокітлова глинисто-конгломерат-піщовикова ( $V_2$  kl, rz, bz); 19–22 – формації рифейсько-нижньовендського структурного ярусу; 19 – трапова ефузивна ( $V_1$  zb, bb, lč, zr, jk); 20 – трапова інтрузивна ( $vV_1$  ht); 21 – кластогенно-глинисто-піщовикова ( $V_1$  gb, br); 22 – червоноколірна глинисто-піщовикова ( $R_{2,3}$  rm,  $R_3$  pc, zb); 23 – нижньопротерозойські формації кристалічного фундаменту: гнейсова ( $PR_1$  gn), ортоам-фіболітова (am  $PR_1$  gr), гнейсовидних гранітоїдів (qu-γδ-γ-lγ-m  $PR_1$  km); 24 – меланж складного походження (брекчієпрояви); 25 – ізолінії домезозойської поверхні. Волинське палеозойське підняття показано кольорами

### Методи

1) польові геологічні дослідження: опис штурфів з відслонень, керну свердловин, відбір проб для петрографічних та петрогеохімічних досліджень;

2) петрографічні дослідження складу, структурно-текстурних особливостей базальтових порід з різних зон виливів різної товщини;

3) геохімічні дослідження: встановлення вмісту основних хімічних компонентів порід методом валового хімічного аналізу (хімічна лабораторія відділу геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій ІГГК НАН України, аналітики Л. К. Білик, В. Л. Крижевич);

4) геолого-морфоструктурні дослідження: побудова представлених карт товщини та палеорельєфу за допомогою комп'ютерної програми MapInfo.

### Стислі відомості про геологічну будову Ратне–Камінь–Каширської площі

Трапова формація на території Східноєвропейської платформи має досить значне поширення. Ефузивно-осадові утворення, що становлять частину волинської серії, поширені смугою завширшки до 150 км вздовж лінії Тейсейре–Торнквіста (від Любліна до Кишинева). Волинські вулканіти знаходяться в північній частині регіону [Воловник, 1975; Великанов и др., 1983; Воловник, 1990].

Платформові відклади фаціально неоднорідні, відрізняються за віком та складом. З різкою кутовою і стратиграфічною незгідністю на нижньопротерозойському фундаменті залягає товща рифейських червоноколірних теригенних порід потужністю до 600 м, які віднесено до поліської серії (R<sub>2-3pl</sub>). Вище за розрізом залягають відклади волинської серії (рис. 2).

Осадово-вулканогенна товща волинської серії об'єднує чотири світи. В її підшві залягає базальна грубоуламково-теригенна горбашівська світа, товщина якої може досягати 50 м. Вище за розрізом розташовані світи виключно вулканогенного складу (заболотівська, бабинська і ратнівська), їхня сумарна товщина складає понад 450 м [Приходько и др., 1993; Мельничук, 2010].

Лучичівська товща стратиграфічно входить до складу ратнівської світи і залягає безпосередньо на бабинській світі. У свердловинах, які відкривають найбільш повний розріз лучичівської товщі за геологічними ознаками можна виділити до 4-х виливів толейтових базальтів. Вище за розрізом у ратнівській світі розташована вулканоміктово-теригенна зорянська товща. Завершує розріз ратнівської світи якушівська вулканогенна товща, у складі якої виділяється до 7-ми потоків, лавокластичні брекчії, різноманітні туфи. Вул-

каногенні утворення об'єднані під назвою трапи, яку вживають для платформ. У складі трапів можуть зустрічатися (і це властиво для волинських трапів) породи інтрузивних фацій типу долеритів, габро-долеритів, долерито-базальтів. Усі перераховані базальтоїдні породні відміни вважаються похідними слабкодиференційованої базальтової магми [Воловник, 1975; Приходько, 2005].

### Результати дослідження та їхнє обговорення

Нижче викладено результати досліджень по лучичівській товщі, отримані нами на основі вказаного вище фактичного матеріалу. Частково отримані результати опубліковані в Україні та за кордоном [Batsevych, et al., 2018; Бацевич та ін., 2019; Наумко та ін., 2020].

### Ратнівська світа V<sub>1rt</sub>

Ратнівська світа згідно залягає на бабинській світі. В її розрізі чергуються базальтові потоки, лаво- і туфобрекчії, туфи. Роботами останніх років на Ратне–Камінь–Каширській площі ратнівську світу вдалося розчленувати на три товщі (від підшви до покрівлі): лучичівську, зорянську та якушівську. В цій статті детально зупинимося на вивченні лучичівської товщі.

**Лучичівська товща – V<sub>1lč</sub>.** Відклади лучичівської товщі у межах Ратне–Камінь–Каширської площі складено кількома (до чотирьох) виливами толейтових базальтів, розділених пачками лавокластичних брекчій, інколи з прошарками різноуламкових пірокластичних порід базальтового складу. Базальти темно-сірі, з зеленкуватим відтінком. Структура від афанітової – тонкокристалічної до яскраво вираженої кристалічної структури – долеритової, коли породи містять вулканічне скло у кількості не більше 5 %. Текстура масивна, часто мигдалекам'яна.

Нами на прикладі найбільш потужних виливів проведено вивчення особливостей їхньої внутрішньої будови, як це свого часу виконав Л. Четвериков на природних відслоненнях сибірських трапів по берегах р. Вілюй [Четвериков, 1959], маючи на меті встановлення реальної кількості вилитих на поверхню потоків. Згідно з проведеним дослідженням було встановлено [Федоришин та ін., 2012], що центральна зона виліву представлена породами долерит-діабазового складу з типовими для них структурами. Водночас у цій зоні широко розвинені структури ліквацийного типу (глобулярна, гніздово-глобулярна, лінзоподібно-глобулярна). Ці структури засвідчують максимально можливий прояв ліквачії для виліву, а умови кристалізації у цій зоні були наближені до таких для «закритої системи». В наступних зонах виліву (зона мандельштейну, переходу і загартування) законо-

мірно змінюється ступінь кристалічності порід, зменшується розмір глобулярних утворень, з'являється більший об'єм вулканічного скла, змінюється ступінь розкристалізації всередині глобуль. Беззаперечними і надійними свідченнями ліквідації в межах потоку може вважатися присутність по крайній мірі двох фаз збереженого вул-

канічного скла. Ця умова в досліджених породах виконується. На мікроскопічному рівні згідно з однією з найавторитетніших праць останніх десятиліть [Drever, 1960] на мікроскопічному рівні встановлено ще низку петрографічних доказів наявності ліквідації. Однак, необхідно вказати, що у розрізі потоку вони проявляються з різною повнотою.

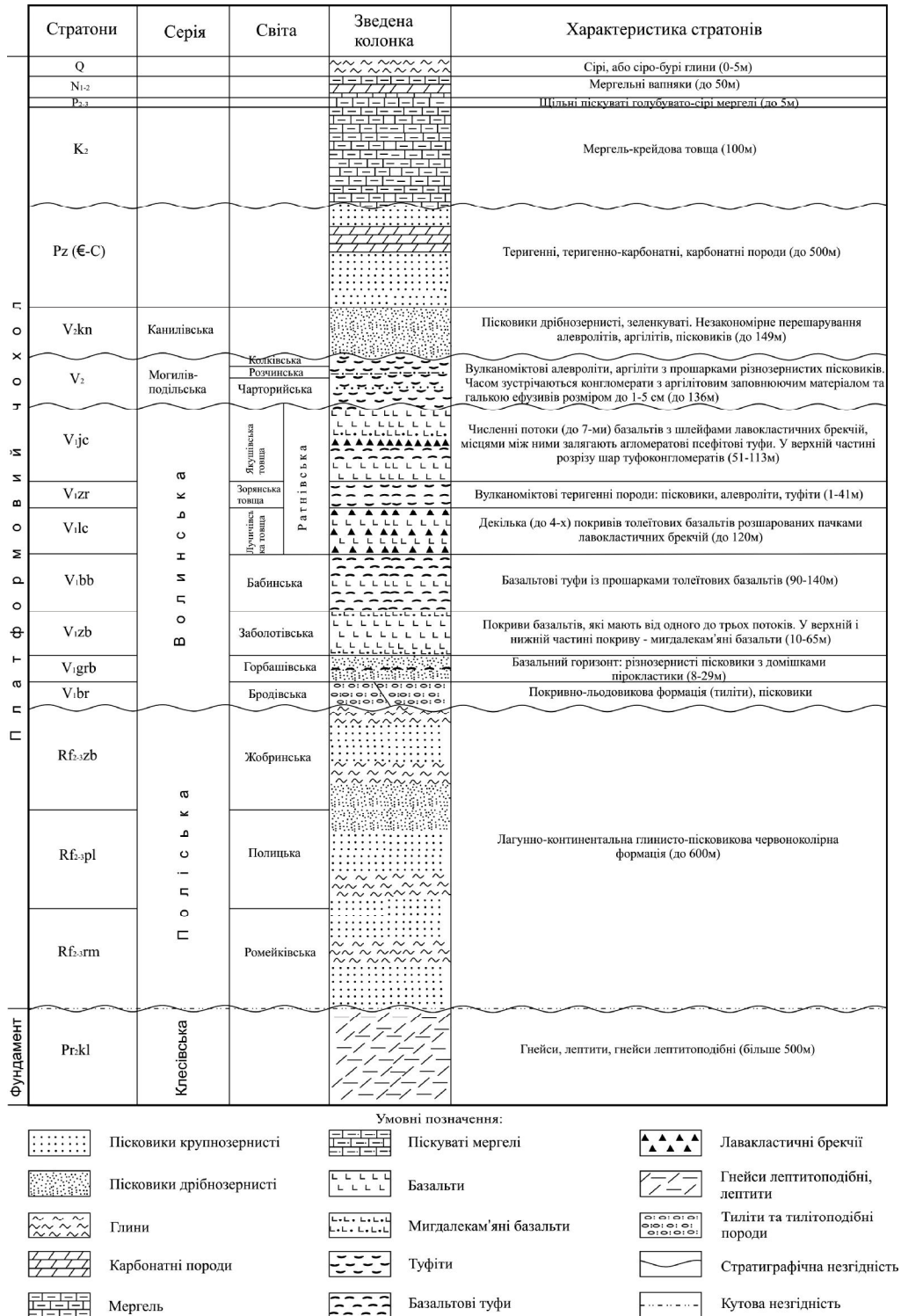
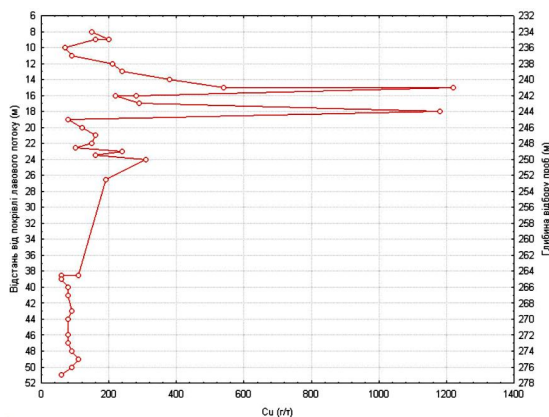


Рис. 2. Схематичний зведений розріз дотрапової основи і трапової формації Волино-Поділля (за даними [Мельничук, 2010]). Масштаб 1 : 10 000

У цьому контексті слід звернути увагу на той факт, що власне у базальтах лучичівської товщі, в яких саме за максимальної товщини найчіткіше проявилися процеси ліквідації, й відзначається найвищий вміст міді, який досягає 1200 г/т у припокрівельній частині (в інтервалах від 16–18 до 20 м від покрівлі) (св. 8262), та спостерігається загальна тенденція збільшення інтенсивності мідного зруденіння вгору за розрізом (рис. 3) [Наумко, Бачевич, 2016].

Аналіз поверхні палеорельєфу (рис. 4) та просторового розподілу товщини відкладів лучичівської товщі (рис. 5) показав яскраве відображення елементів блокової тектоніки в рельєфі цієї площі і свідчить про таке: центральна широтна смуга досліджуваної площі, південний та північний її схили характеризуються максимальними абсолютними відмітками. На північ та південь від цієї смуги спостерігаємо помітне пониження рельєфу. За встановленим рисунком рельєфу можна доволі достовірно відтворити блокову будову вказаної площі і просторове розташування основних тектонічних порушень та їхніх сателітів. Широтний напрямок основних розломів зумовив горстоподібне підняття широтно орієнтоване підняття, діагональні розломи, які трасуються лінійними пониженнями рельєфу, є сателітами основних розломів.



**Рис. 3.** Зміна концентрацій міді у розрізі лучичівської товщі максимальної потужності (свердловина 8262)

Зміна товщини базальтів (рис. 5) красномовно свідчить, що найбільші нагромадження лавових утворень властиві пониженням частинам рельєфу і поступово зменшуються по мірі зростання абсолютних відміток. Діапазон зміни товщини коливається від 3,3 м до 95,2 м (рис. 5). Все сказане відповідає умовам формування трапових серій базальтових порід усіх без винятку провінцій такого типу, зважаючи на те, що трапові утворення формуються шляхом активного прояву тріщинного вулканізму.

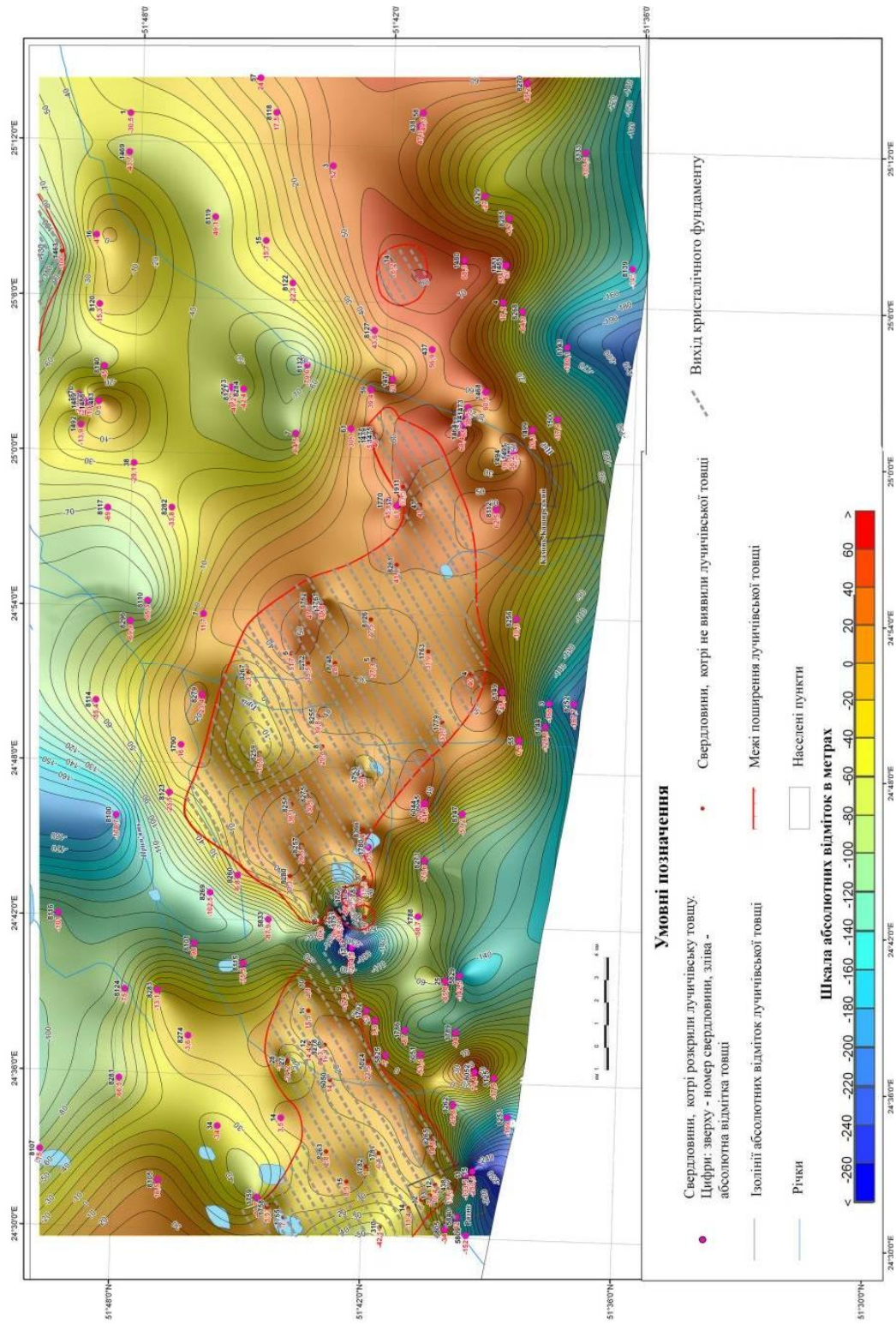
У вказаний вище спосіб нами було встановлено просторове суміщення високих концентрацій

самородної міді та товщин вулканічних виливів [Бачевич та ін., 2016], а складені карти дають змогу просторово відслідковувати межі та конфігурацію (масштаби) потенційного промислово значимого самородномідного зруденіння. Реальна можливість його формування завдяки процесам ліквідації була висвітлена у більш ранніх публікаціях як гіпотеза флюїдно-ліквідаційного формування самородномідного зруденіння [Наумко та ін., 2016, 2017].

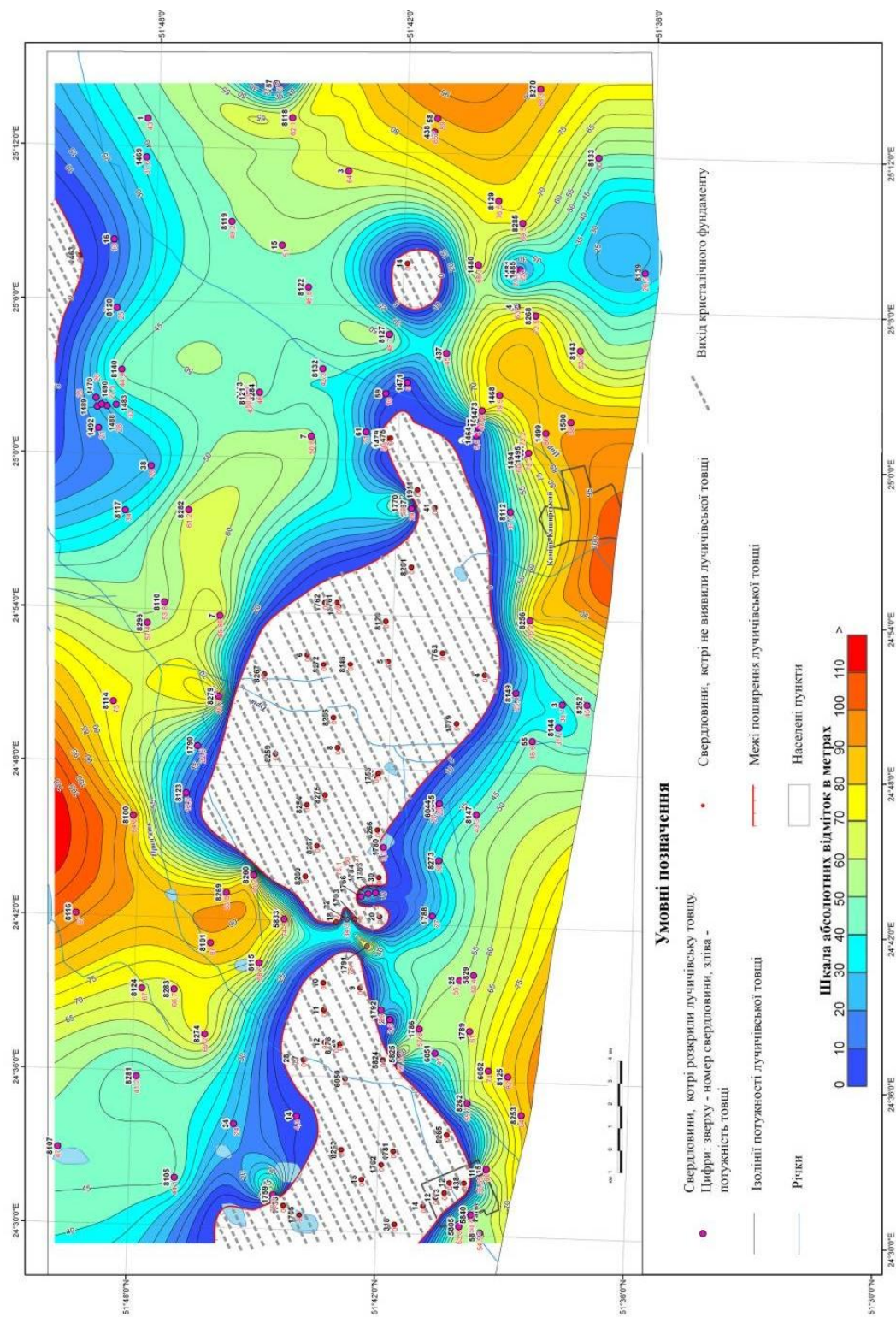
Необхідно зауважити, що на природу утворення самородномідного зруденіння у трапах серед українських дослідників існують різні погляди, вони по різному обґрунтовуються і базуються на різному об'ємі вивченого матеріалу.

Найбільш поширеною і обговорюваною серед геологів є точка зору гідротермального утворення самородномідного зруденіння. Розглянемо основні особливості, які є властивими для рудних гідротермальних систем. Найбільш поширеною формою гідротермальних тіл є жили, штокверки, пластові і неправильні за формою поклади. Вони досягають довжини кількох км при ширині від кількох см до десятків м. Гідротермальні тіла оточені ореолом розсіювання тих елементів, що їх утворюють (первинні ореоли розсіювання), а прилеглі до них породи є гідротермально перетвореними. Серед процесів гідротермальних змін порід найбільш поширеними є окварцювання, перетворення лужного типу, які зумовлені привнесенням калію і наступним утворенням мусковіту, серициту і глинистих мінералів, а при привнесенні натрію – відбувається утворення альбіту. За складом переважальної частини мінералів виділяють наступні головні типи гідротермальних руд: 1) сульфідні, що формують родовища міді, свинцю, цинку, молібдену, вісмуту, нікелю, кобальту, сурми і ртуті; 2) оксидні, типові для родовищ заліза, вольфраму, танталу, ніобію, олова, урану; 3) карбонатні, властиві деяким родовищам заліза і марганцю; 4) самородні, відомі для золота, срібла; 5) силікатні, які утворюють родовища нерудних корисних копалин (асбест, слюди) і деякі родовища рідкісних металів (берилій, літій, торій, рідкоземельні елементи). Гідротермальний та інші погляди на походження міді в досліджуваних нами трапах систематизовано і викладено в [Квасниця і ін., 2009].

Очевидно, що для утворення і розвитку рудо-генерувальної системи, як частини флюїдної розплавної фізико-хімічної системи, тобто можливості відділення рудоутворювальних халькофільних розчинів від силікатного магматичного розплаву [Овчиников и др., 1982], необхідна наявність умов, близьких до інтрузивних. Такі умови досягаються лише за значних товщин виливів, коли перспективний породно-рудний комплекс повільно охолоджується при закономірному падінні температури, і в ньому встигають пройти процеси ліквідації, екстракції, перенесення і концентрації міді [Нестерович, 2014].



**Рис. 4.** Карта рельєфу палеоповерхні базальтів лучинівської товщі у межах Ратне-Камінь-Каширської площі. Масштаб 1 : 100 000. Склад Ю. С. Мицишин за безпосередньої участі Н. В. Нестерович (Бацевич)



**Рис. 5.** Карта товщин базальтів лучичівської товщі у межах Ратне–Камінь-Каширської площі. Масштаб 1 : 100 000.  
Склад Ю. С. Мишишин за безпосередньої участі Н. В. Нестерович (Бацевич)



Це логічно випливає з запропонованої нами нової флюїдно-ліквацийної гіпотези походження самородномідної мінералізації [Наумко і ін., 2016, 2017], згідно з якою процес розпочинається з власне ліквацийних явищ на магматичному етапі і продовжується на постмагматичному етапі, що зафіксоване переходом від ранніх високотемпературних включень розплавів [Bakumenko, Fedoryshyn, 2005] до пізніх, висококонцентрованих водно-солевих включень у тріщинах охолодження на гідротермальному етапі мінералогенезу [Нестерович, 2014]. Отже, процес ліквациї є багатоетапним і спостерігається на різних етапах еволюції рудно-породної системи.

Виявлені факти флюїдно-ліквацийної взаємодії на різних етапах формування покладів самородної міді свідчать [Наумко і ін., 2013], що мідь у вигляді дрібних крапель існувала вже у розплаві на момент формування трапових утворень (підняття магматичного розплаву і розтікання його на денній поверхні). Про це свідчать дрібні вкраплення самородної міді в перших порфіроподібних кристалах плагіоклазу. Отже, краплі міді реально утворилися ще до моменту появи перших кристалічних фаз. Цей момент можна віднести до першого етапу ліквациї рудної фази. Справедливим буде зазначити, що в такий самий спосіб з'явилася фаза самородного заліза, яка була виявлена багатьма дослідниками. У процесі ліквациї краплини міді відокремилися від силікатного розплаву, потім піддалися перерозподілу і перенесенню у верхні горизонти лавового формування. За отриманими нами даними перенесення мідних крапель у приповерхневу частину лавових потоків розпочиналося газовими пухирцями (на значну газонасиченість розплаву вказує присутність туфів і пізолітів [Нестерович и др., 2014]). Процеси міграції міді до поверхні вливу могли інтенсифікуватися також за рахунок присутності у розплаві високотемпературних потоків рідкого діоксиду вуглецю. [Квасниця і ін., 2009]). Надалі ж перевагу отримало перенесення міді хлоридними комплексами, зокрема, при її транспортуванні у напрямку зони загартування вливу. Цим пояснюється позитивна кореляція вмістів хлору і міді та «скидання» останньої на відповідних геохімічних бар'єрах у процесі зниження температури і перенасичення розчинів міддю. Це підтверджується значними вмістами хлор-іону (Cl) у водних витяжках з базальтових порід досліджуваної території, які досягають 266,3–568,0 мг/кг [Нестерович, 2014].

Висока здатність Cl екстрагувати метали з алюмосилікатних розплавів давно і добре відома [Малинин, Хитаров, 1984]. Експериментальні дослідження [Барсуков, Рябчиков, 1980] показали практично універсальну роль Cl у перенесенні металів поряд з постійною участю хлоридів у глибинних магматичних системах, що передбачає розгляд поведінки рудних елементів у нерозрив-

ному зв'язку з поведінкою хлору. Найновіші дані відносно міграції міді у флюїдонасиченому середовищі саме у хлоридних комплексах типу  $\text{CuCl}_{(\text{водн.})}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_3^{2-}$  і  $\text{CuCl}_4^{3-}$  наводяться в [Weihua, McPhail, 2005].

Власне якраз такому перебігові процесу формування самородномідного зруденіння сприяє значна товщина окремих виливів базальтів та вулканогенних утворень взагалі.

Варто вказати, що існує певна неоднорідність у розподілі самородномідного зруденіння. Вона зумовлена, з одного боку, нерівномірним розподілом газово-флюїдних потоків (шляхи проходження цих потоків відображені в нерівномірному розподілі низькотемпературних мінеральних фаз). З іншого боку, не останню роль в неоднорідному розподілі мідного зруденіння відіграли тріщини, насамперед контракційного типу. Тріщини для залишкового розплаву є свого роду «шоковим» середовищем. Відбувається миттєва зміна фізико-хімічних умов, які інколи можуть призводити до вибухових явищ і миттєвої ліквациї та кристалізації залишкового розплаву. Подібного роду явища нами спостерігалися, зокрема, в утворенні продуктів гранітоїдного складу або ліквацийних прожилків з чітким розділенням на самородномідну та залізисту фази. Зони з такими утвореннями приурочені найчастіше до припокривельних частин вливу, рідше ближче до підшови.

### *Наукова новизна*

Вперше побудовано карти товщини і рельєфу палеоповерхні базальтів лучичівської товщі, яка є складовою частиною трапових утворень Ратне–Камінь–Каширської площі Західної Волині. Виявлено роль тектонічного фактору у формуванні блокової морфоструктури поверхні лучичівської товщі Ратне–Камінь–Каширської площі, шляхи розтікання лави та ділянки її максимального нагромадження

На основі закономірного кореляційного зв'язку вмісту міді та товщини базальтів лучичівської товщі з'явилася можливість просторово окреслити потенційно перспективні рудоносні площі, де максимально проявився рудопродуквальний процес. Отже, можуть бути істотно скорочені обсяги пошуково-розвідувальних робіт. Отриманий оригінальний матеріал можна пропонувати для апробації на інших площах, де поширені трапові утворення, і не лише в межах Західної Волині.

### *Практична значущість*

Аналіз отриманих нами оригінальних матеріалів, в разі успішної апробації, може бути використаний при інтерпретації матеріалів для інших стратифікованих одиниць Ратне–Камінь–Каширської площі та поширений на інші площі розвитку

трапових утворень. Іншими словами: нами пропонується принципово нова методика проведення пошуково-розвідувальних робіт на мідь в трапових утвореннях. Насамперед, це стосується пошуково-оцінювальних робіт та підготовки перспективних рудопроявів (родовищ) до розвідки, зокрема, Північногірницького і Рафалівського рудоносних полів (рудних вузлів) у межах Ратнівської горст-антикліналі.

### Висновки

1. За даними пробурених впродовж багатьох років з картувальною і пошуковою метою свердловин вперше побудовано карти товщини і палеорельєфу базальтових виливів лучичівської товщі Ратне–Камінь-Каширської площі Західної Волині.

2. За даними визначення вмісту міді в базальтах і вертикального розподілу концентрацій міді вперше встановлено, що величини концентрацій міді просторово корелюють з товщиною окремих виливів і загальною товщиною базальтових порід лучичівської товщі. Водночас виявлено, що існує пряма залежність між загальним вмістом міді і товщиною виливів в конкретних свердловинах, а максимальні концентрації мідного зруденіння просторово приурочені до припокривельних (рідше до припідшовенних) частин виливів. Натомість, у виливах з мінімальною товщиною зазвичай спостерігаємо вмісти міді на рівні кларкових.

3. Тектонічні перебудови, які проявилися після формування трапових утворень, дещо ускладнили просторову картину просторового розташування і цілісності початково цілісних рудних полів і, можливо, окремих рудних тіл. Про це красномовно свідчить морфоструктурна карта палеоповерхні, слугуючи надійним відображенням палеотектонічних рухів.

4. Встановлено основні засади функціонування нерозривно пов'язаних між собою фізико-хімічної магматичної та рудогенерувальної систем. Просторові особливості розподілу мідного зруденіння, численні петрографічні ознаки (виявлені вперше) та просторово-структурне розташування самородної міді у базальтах дають підстави стверджувати, що базальтова магматична система та рудогенерувальна її частина відповідають принципам, які викладено нами у вигляді флюїдно-ліквацийної гіпотези формування базальтових порід та самородномідного зруденіння.

5. У разі прийняття проведених нами досліджень за основу, отримані дані можуть бути використані як принципово нова методика проведення пошуково-розвідувальних робіт на мідь, оскільки більшість потрібних і найбільш фінансово зат-

ратних робіт вже було проведено виробничими підприємствами у минулі роки.

### Список літератури

- Барсуков, В. Л., Рябчиков, И. Д. Об источнике рудного вещества. *Геохимия*. 1980. № 10. С. 1439–1449.
- Бацевич, Н. В., Наумко, І. М., Білик, Л. К. Петрохімічні особливості вулканітів трапової формації зони зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської монокліналі. *Геодинаміка*, 2016. № 1 (20). С. 75–93.
- Бацевич, Н., Наумко, І., Федоришин, Ю. Особливості поведінки міді в мінералоутворювальних флюїдах під час формування самородномідного зруденіння у вулканітах трапової формації Західної Волині. *Десяті наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка: матеріали* (Львів–Чинадієве, 9–11 вересня 2016 р.). Львів: ЛНУ імені Івана Франка. С. 13–15.
- Бацевич, Н. В., Наумко, І. М., Рєпин, І. В. Деякі особливості рельєфу палеоповерхні і розподілу товщин базальтів заболотівської світи трапової формації у межах Ратно–Камінь-Каширської площі (Західна Волинь). Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: *Збірник тез наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України* (Київ, 14–16 травня 2019 р.). У 2-х томах. НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка. Київ: ІГМР України, 2019. Т. 2. С. 13–15.
- Великанов, В. А., Асеева, Е. А., Федонкин, М. А. *Венд Украины*. Київ: Наук. думка, 1983. – 164 с.
- Воловник, Б. Я. *Терригенно-вулканогенная формація. Нижний венд*. Геотектоника Вольно-Подоліи. Київ: Наук. думка, 1990. – С. 76–83.
- Воловник, Б. Я. Трапповая формація Вольно-Подоліи. *Тектоника и стратиграфія*. 1975. Вып. 8. С. 28–33.
- Квасниця, І. В., Павлишин, В. І., Косовський, Я. О. *Самородна мідь України. Геологічна позиція, мінералогія і кристалогенезис*. К.: Логос, 2009. 171 с.
- 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. 507 с.
- Малинин, С. Д., Хитаров, Н. И. *Рудные и петрогенные элементы в системе магматический расплава флюид*. *Геохимия*. 1984. № 2. С. 183–196.
- Мельничук, В. Г. *Геологія та міденосність нижньовендських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи*: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2010. 36 с.

- Мельничук, В. Г. Критерії прогнозування мідного зруденіння у трапах Волині. *Мінерал. зб.* 2018. № 68, вип. 1. С. 36–39.
- Мельничук, Г. В. Тектоніка і походження Волинського палеозойського підняття. *Геол. журн.* 2014. № 3 (348). С. 28–38.
- Наумко, І. М., Бацевич, Н. В. О ролі флюїдів на різних етапах формування самородномідних концентрацій в вулканітах трапової формації Західної Волини. *Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2016): материалы минералогического семинара с международным участием (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 17–20 мая 2016 г.)*. Сыктывкар, 2016. С. 245–246.
- Наумко, І. М. *Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів)*: Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів, 2006. 52 с.
- Наумко, І. М., Бацевич, Н. В., Федоришин, Ю. І., Мишишин, Ю. С., Репин, І. В. Палеоморфоструктурні плани і товщини вулканітів трапової формації венду Ратно–Камінь–Каширської площі (Західна Волинь). Докембрій: породні асоціації та їхня рудоносність: *Збірник тез Міжнародної наукової конференції* (Київ, 22–24 вересня 2020 р.). НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка. Київ, 2020. С. 86–89. ISBN 978-966-02-9361-8 (електронне видання).
- Наумко, І., Павлюк, М., Нестерович, Н., Федоришин, Ю., Тріска, Н. Еволюційний характер процесів флюїдопереносу і локалізації міді в основних вулканітах трапової формації Західної Волині (на прикладі лучичівської товщі). *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2013. № 1–2 (162–163). С. 42–59.
- Наумко, І. М., Федоришин, Ю. І., Бацевич, Н. В. Флюїдно-ліквіаційна гіпотеза походження самородномідної мінералізації у вулканітах трапової формації Західної Волині. *Доп. НАН України*. 2016. № 9. С. 69–78.
- Наумко, І. М., Федоришин, Ю. І., Бацевич, Н. В. Нова флюїдно-ліквіаційна гіпотеза походження самородномідної мінералізації у вулканітах трапової формації Західної Волині (Україна). *East European Scientific Journal*. 2017. Vol. 4 (20). Part 1. P. 41–50.
- Наумко, І. М., Федоришин, Ю. І., Нестерович, Н. В., Телепко, Л. Ф., Сахно, Б. Е. Умови формування прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах лучичівської товщі трапової формації зони зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали Західної Волині. *Доп. НАН України*. 2013. № 10. С. 116–123.
- Нестерович, Н. В. *Геохімія флюїдів середовища формування міденосних паратенезів у вулканітах трапової формації зони зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали*: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. Львів, 2014. 20 с.
- Нестерович, Н. В., Косовский, Я. А., Наумко, І. М., Федоришин, Ю. І. Пирокластические пизолиты траповой формации северо-западной Волины (Луковско-Ратновская горстовая зона). *Отчетственная геология*. 2014. № 1. С. 41–47.
- Овчинников, Л. Н., Банщикова, И. В., Васильев, Е. В. Включения расплавов и растворов – прямые свидетели рудогенерирующей роли магм. *Термобарогеохимия в геологии*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 33–37.
- Приходько, В. Л. *Перебудова структурного плану та етапи трапового вулканізму Волино-Поділля в пізньому протерозої*: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. Київ, 2005. 36 с.
- Приходько, В. Л., Косовский, Я. А., Иванив, И. Н., Перспективы меденосности вулканогенных образований волинской серии Луковско-Ратновской горстовой зоны. *Геол. журн.* 1993. № 4. С. 138–143.
- Федоришин, Ю. І., Ткачук, А. М., Нестерович, Н. В., Хомякова, О. Г., Репин, І. В. Структурно-петрографічна мінливість внутрішньої будови базальтових виливів трапової формації Волині у зв'язку з процесами ліквіації. *Мінерал. зб.* 2010. № 60. Вип. 1. С. 47–57.
- Федоришин, Ю., Наумко, І., Нестерович, Н., Яковенко, М., Тріска, Н. Природа мигдалеподібних утворень у базальтах Волині (онтогенічний аспект). *Мінерал. зб.* 2012. № 62. Вип. 1. С. 63–82.
- Четвериков, Л. Особенности строения лавовых покровов в бассейне р. Низым (Центральная часть Тунгусского бассейна). *Геология и разведка*. 1959. № 3. С. 65–79.
- Bakumenko, I. T., Fedoryshyn, Yu. I. Melt inclusions in plagioclases of Volynian basalts. *Mineralogical Museums. Saint-Peterburg: Department of Mineralogy, SPbSU*, 2005. P. 215.
- Batsevych, N. V., Myshchysh, Yu. S., Naumko, I. M. Relief of paleo-surface and thickness of basalts of Luchychi Strata of the trappean formation within the limits of the Ratno–Kamin–Kashyrsk Area (Western Volyn). *Modern Problems of Lithology of Sedimentary Basins of Ukraine and Adjacent Territories: Proceedings of the International Scientific Conference* (Kyiv, Ukraine, September 24–26, 2018). Kyiv, 2018. P. 16.
- Drever, H. Jf. Immiscibility in the picritic intrusion at Igdlorssuit, West Greenland. *Internat. Geol. Congr. Report (Nord. Copenhagen)*. 1960. S. 21. Part 13. Pp. 47–58.
- Weihua, Liu, McPhail, D. C. Thermodynamic properties of copper chloride complexes and copper transport in magmatic-hydrothermal solutions. *Chemical Geology*. 2005. Volume 221, issues 1–2. P. 21–39.

Ihor M. NAUMKO, Ihor BATSEVYCH, Ihor FEDORYSHYN, Ihor MYSHCHYSHYN, Ihor REPN  
Institute of geology and geochemistry of combustible minerals of NAS of Ukraine, 3-a, Naukova Str., Lviv, 79060, Ukraine,  
phone +38(032)2636014, e-mail: naumko@ukr.net, natalja\_bats@ukr.net.

PECULIARITIES OF THE DISTRIBUTION OF THICKNESS AND  
PALEO-SURFACE RELIEF OF BASALTS OF LUCHYCHI STRATA  
(WESTERN VOLYN)

**Purpose.** The main purposes of this paper are to investigate the peculiarities of the spatial distribution of thickness and paleorelief of continental flood basalts of Luchychi stratum of Ratne suite of the Ediacaran of the Ratne–Kamin-Kashyrskiy Area in Western Volyn using maps of the thickness and relief of the paleosurface to correlate between the specified parameters of the stratum and the spatial change of concentrations of native mineralization and its localization relative to the roof (sole) of the stratum. **Method.** Includes field geological surveys; petrography of basalts, structural features (degree of crystallization of mesostasis, structural position of minerals and, in particular, copper, ratio of globular formations and minerals that surround them, relationship between globules), macro- and microtextural features of rocks; geochemical research: determination of the content of the main chemical components of the rocks by the method of gross chemical analysis and copper content; geological and morphostructural studies: construction of a map of paleorelief and thickness of continental flood basalt of the Luchichiv stratum (according to the section of wells). **Results.** Based on the constructed maps of the thickness and paleo surface of the Luchychi stratum, the spatial variability of the basalt thickness and the reflection of the effective tectonic situation on its paleo surface, which can be "read" by relief elements, are shown. It is established that high copper contents in basalts are spatially confined to areas of maximum thickness and shifted vertically to the near-roof and, partially, plantar parts of the basalt thickness, and the degree of their crystallization increases in the direction of the inner parts of bodies. This situation with the spatial arrangement of native mineralization indicates the existence within these areas of local isolated thermostated systems, which evolved in their internal parts in conditions close to intrusive (relatively slow decrease in melt temperature, crystallization of rock differences almost devoid of volcanic glass – dolerite-basalts with the transition to dolerites in the central part). Such physicochemical conditions caused long-term migration of gaseous, gaseous-liquid and liquid fluids, providing concomitant extraction, concentration, transfer and deposition not only of native copper, but also a number of petrogenic oxides (alkalis, iron, partially calcium, silicon). The latter subsequently formed a number of low-temperature minerals, the most common of which are zeolites, calcite, and iron compounds. In areas with small and minimum thickness of basalts, the above facts are observed in a reduced form, and in some places are virtually absent. The complete absence of signs of hydrothermal copper ore mineralization has been established. The latter confirms the fact that today geological science does not know the facts of the formation of native mineralization of the hydrothermal type. The stated geological and petrogeochemical facts are reliably established by us and give grounds to consider the scenario of the process of formation of native copper mineralization in relation to the fluid-liquidation hypothesis, developed and proposed at the time by the authors. **Scientific novelty.** For the first time, maps of the thickness and relief of the paleo surface of the basalts of the Luchychi strata of the Ratne–Kamin-Kashyrskiy area of Western Volyn were constructed. For the first time on the basis of processing the actual material it is shown that the vertical distribution and localization of native mineralization within basaltic bodies are naturally related to their thickness, and the value of native copper is directly related to body thickness, reaching a maximum in areas with maximum thickness and background values at the minimum thickness. **Practical significance.** For the first time, geological, petrographic, geological and morphostructural data were compared with the copper content in basalts of the Luchychi stratum. The proposed approach can be used by production organizations of geological profile in conducting exploration work to prepare promising areas for exploration of the North-Hirnyky and Rafalivka ore fields (ore nodes) within the Ratne Horst anticline. The obtained original material can be distributed as a new method of searching for native mineralization in other areas of distribution of the continental flood basalts.

*Key words:* continental flood basalts, Ediacaran, thickness, paleorelief, Luchychi stratum, Ratne–Kamin-Kashyrskiy area, Western Volyn.

Надійшла 02.04.2021 р.