

<https://doi.org/10.15407/ggcm2021.03-04.092>

УДК 548.4:550.4:553.9:553.4

Ігор НАУМКО, Йосип СВОРЕНЬ

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, Україна,
e-mail: iggk@mail.lviv.ua

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОШУКІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН, ОСНОВАНІ НА ДОСЛІДЖЕННЯХ ФЛЮЇДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ У МІНЕРАЛАХ

Інноваційний підхід до розробки пошукових технологій (методик) обґрунтовано на кристалогенних і фізико-хімічних засадах вчення про мінералоутворювальні середовища (флюїди) (термобарогеохімії – мінералофлюїдології – fluid inclusions) як нової галузі геологічних знань у рамках наукового напрямку у геології – «термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій» як природний феномен літосфери Землі. Згідно з ним, створення радикально нових технологій та здійснення за ними пошуків корисних копалин (насамперед нафти і газу та золота) проводиться одночасно із з'ясуванням проблеми синтезу і генези вуглеводнів на атомно-молекулярному рівні, зафіксованому такими дефектами у кристалах мінералів, як флюїдні включення. Розроблені технології: визначення генези вуглеводневих газів; визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі; локального прогнозування збагачених ділянок золоторудних полів; експресного визначення йонів калію у включеннях для ідентифікації збагачених золотом і безрудних жильних утворень, – належать до галузі пошукової геології і геохімії та застосовуються для з'ясування генетичних питань, вирішення завдань мінералого-геохімічного прогнозування і пошуків родовищ корисних копалин у локальних структурах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій. Виконане порівняння флюїдних включень у мінералах прожилків і вмисних порід за розрізами низки свердловин показало великі можливості розроблених технологій та перспективність застосування термобарогеохімічних-мінералофлюїдологічних показників у комплексі з геохімічними і геофізичними (петрофізичними) методами, матеріалами геологічного знімання, глибокого буріння при прогнозуванні покладів вуглеводнів у локальних структурах осадових нафтогазоперспективних верств та внесенні необхідних коректив у напрямки подальших геологорозвідувальних робіт.

Ключові слова: інноваційні технології, включення у мінералах, геохімія, термобарометрія, флюїди, вуглеводні, золото, мінералорудонафтидогенез, літосфера Землі.

Вступ. На сучасному етапі реальну економічну незалежність і національну безпеку України визначає стан забезпеченості її мінеральними та енергетичними ресурсами. Ефективність пошуків корисних копалин, насам-

© Ігор Наумко, Йосип Сворень, 2021

ISSN 0869-0774. Геологія і геохімія горючих копалин. 2021. № 3–4 (185–186)

перед вуглеводневих, і приросту їхніх запасів значною мірою визначають нові технологічні рішення. У цьому контексті ще недостатньо використовують методи вчення про мінералоутворювальні середовища (флюїди) (термобарогеохімії – мінералофлюїдології – fluid inclusions). Предмет дослідження цієї нової галузі геологічних знань – флюїдні включення у мінералах – є природно збереженими реліктами флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезів (Ермаков & Долгов, 1979; Калюжный, 1982; Roedder, 1984; Наумко та ін., 2000; Наумко & Калюжный, 2001; Возняк, 2003; Наумко, 2006; Кульчещька, 2009), якими зафіксовано температуру, тиск і склад мінералоутворювальних флюїдів конкретного часу захоплення. Це сприяє встановленню як вихідних речовин для синтезу природних вуглеводнів і мінералів в ослаблених зонах-глибинних розломах літосфери в середовищі абіогенного високотермобарного глибинного флюїду, так і складових нафти і газу та мінералів (Наумко, 2006; Наумко & Сворень, 2003, 2008; Наумко та ін., 2008; Сворень & Наумко, 2006). Із таких передумов технології, оснований на дослідженнях флюїдних включень у мінералах, повинні зайняти і фактично вже зайняли належне місце серед геохімічних способів пошуків і розвідки вуглеводневої і мінеральної сировини. Про це свідчить той факт, що на V Міжнародній конференції «Геодинаміка, сейсмічність і нафтогазоносність Чорноморсько-Каспійського регіону» вивчення флюїдних включень у мінералах уперше рекомендовано включати до комплексу геологорозвідувальних робіт на нафту і газ («Решение Международной конференции “Крым–2003” “Проблемы геодинамики и нефтегазоносности Черноморско-Каспийского региона”», 2004).

Саме, ґрунтуючись на кристалогенних і фізико-хімічних основах вчення про мінералоутворювальні середовища (флюїди) (термобарогеохімії (Ермаков & Долгов, 1979) – мінералофлюїдології (Калюжный, 1979, 1982) – fluid inclusions (Roedder, 1984)), у відділі геохімії глибинних флюїдів Інституту геології і геохімії горючих копалин (ІГГК) НАН України в рамках наукового напрямку в геології – «термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій» (Сворень & Давиденко, 1995; Сворень та ін., 1994) як природний феномен літосфери Землі (Сворень & Наумко, 2005), обґрунтовано інноваційний підхід до розробки пошукових технологій (Братусь та ін., 1994; Сворень, 1984; Сворень & Давиденко, 1998; Сворень & Наумко, 2002; Сворень та ін., 1998, 2005). Він передбачає створення радикально нових технологій і здійснення за ними пошуків корисних копалин (насамперед вуглеводнів) одночасно з вирішенням проблем генези і синтезу вуглеводнів на атомно-молекулярному рівні, зафіксованому такими дефектами у кристалах мінералів як флюїдні включення.

Проведення узагальнення та обговорення оригінального матеріалу й складає мету анонсованого дослідження.

Отримані результати та їхнє обговорення. У підсумку нами розроблено й апробовано інноваційні технології і методики: визначення генези вуглеводневих газів (Сворень & Наумко, 2000); визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі (Сворень & Давиденко, 1998; Сворень та ін., 1994, 1998); локального прогнозування збагачених ділянок золоторудних полів (Svoren' et al., 1999); експресного визначення йонів калію у включеннях

для ідентифікації збагачених золотом і безрудних жильних утворень (Ковалишин та ін., 1999), основу яких складають відповідні патенти України (Давиденко & Сворень, 1994; Сворень & Давиденко, 1994). Вони належать до галузі пошукової геології та геохімії і застосовуються для з'ясування генетичних питань, вирішення завдань мінералого-геохімічного прогнозування і пошуків родовищ корисних копалин у локальних структурах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій.

Технологія визначення генези вуглеводневих газів (Сворень & Наушко, 2000). Відповідно до класифікації В. А. Калужного (Калужный, 1982), флюїдні включення у мінералах поділяють на первинні – сингенні і вторинні – епігенні. Обов'язковою умовою первинності включення є синхронність його формування в часі та просторі з певною зоною росту кристала. Первинні включення є єдиними свідками як перебігу процесів у надрах Землі, так і наявного речовинного і фазового складу флюїдного середовища утворення мінералів. Вторинні включення утворюються пізніше від зони росту кристала і контактують (ранні) чи не контактують із нею (пізні). Основними джерелами енергії в надрах Землі є глибинні високотермобарні флюїди різноманітного складу і фізико-хімічні процеси перетворення речовин. З пониженням температури утворюється низка мінералів: діамант, піроп, топаз, кварц, кальцит, галіт тощо. Формування їхньої кристалічної ґратки супроводжується множиною дефектів (вакансії, дислокації, включення, пори, тріщини тощо), у які захоплюються часточки мінерало- і (або) породоутворювального середовища, зокрема й вуглеводні. Захоплені включеннями в певний геологічний час вуглеводневі сполуки здебільшого зберігаються в них без змін складу і кількісних співвідношень дотепер і на це мало впливає інтенсивне новогазоутворення та його накладення на диференціацію вуглеводнів глибинних джерел. Під час росту (перетворення) кристалів мінералів при формуванні порід насамперед утворюються первинні – сингенні включення, тріщини ж є вторинними утвореннями і можуть формуватися в природі на мільйони років пізніше. Такі дефекти-тріщини є пізнішими від тих зон росту, у яких вони знаходяться, тобто – епігенними стосовно останніх. З тієї причини і вуглеводневмісні (зокрема вуглеводневі гази) сполуки, що захоплені і законсервовані тріщинами, виявляються епігенними відносно складових компонентів первинних включень у цьому мінералі. В умовах формування і заліковування тріщин одночасно можуть утворюватися і утворюються вторинні мінерали, вміст первинних включень у яких є тотожним їхньому вмісту в залікованих тріщинах первинних мінералів і порід.

Приклади реалізації технології (із застосуванням мас-спектрометричного хімічного методу):

1. Первинність утворень та глибинну кімберлітову генезу газів встановлено вивченням первинних включень у кристалах діаманту з трубки «Мир» (Якутія) та складом газів, які були виділено при їхньому нагріві (об. %): CH_4 1,56; C_2H_6 0,39; H_2 40,43; H_2O 11,86; N_2 40,41; CO_2 5,35.

Сьогодні більшість дослідників вважають, що кристали діаманту синтезувалися у межах верхньої мантії за температури 1300 К і тиску 4500 МПа та були принесені з часом до земної поверхні в кімберлітових трубках. Цей факт засвідчує первинність утворення кристалів і флюїдних включень у них.

Сингенні–первинні флюїдні включення у мінералах глибинного походження (Наушко та ін., 2008) є складними утвореннями, що містять збільшену кількість газових компонентів: C_nH_m , He, Ar, N_2 , H_2 та CO_2 . Визначений нами ізотопний склад вуглецю CO_2 газових включень (бульбашок) у базальті з дна Індійського океану (рифтова зона Аравійсько-Індійського хребта) (рис. 1), $\delta^{13}C$ якого за міжнародним стандартом PDB (чиказьким стандартом Крейга) становить $-6,1 (\pm 0,5) \text{‰}$ (Мамчур та ін., 1981), разом з даними (Братусь та ін., 1994; Roedder, 1984 та ін.), відповідає ізотопному складові первинного вуглецю найглибших геосфер Землі (субмантійних (мантійних) джерел) (Галимов, 1968 та ін.). Ці надійні мітки в питаннях встановлення генезису вуглеводнів характеризуються стабільними фізичними параметрами кристалів мінералів протягом тривалого геологічного часу.

2. Склад газів з первинних–сингенних включень у кварці (Закарпаття), який утворився із мінералоутворювальної складової глибинного флюїду, такий (об. %): CH_4 49,17; C_2H_6 0,17; C_3H_8 0,05; CO_2 44,00; N_2 6,50; He 0,06; Ar 0,04.

3. Каталітичні–сингенні гази в осадових породах Передкарпатського прогину (Пинянське газове родовище, горизонт НД-9, глибина 2150 м, нижньо-сарматські відклади) встановлено у включеннях у кальциті прожилків (об. %): CH_4 91,31; C_2H_6 1,84; C_3H_8 0,94; N_2 2,53; CO_2 3,38. Аналогічні результати отримано при вивченні вторинних–епігенних включень у залікованих тріщинах у кристалах кварцу (чотири метри вище за розрізом цієї свердловини).

Епігенні–вторинні флюїдні включення у мінералах є пізнішими утвореннями. У них зафіксована точна інформація про процеси каталізу в осадових товщах з участю органічної речовини (загальноприйняте значення $\delta^{13}C$ знаходиться в межах $-25,0 \text{‰}$).

Отже, пропонується технологія визначення походження вуглеводневих (Сворень & Наушко, 2000) базується на вивченні дефектів-включень: сингенних – у кристалах діаманту з трубки «Мир» (Якутія) і кварцу (Закарпаття, Волинь) та епігенних – у мінералах осадових товщ Передкарпатського прогину (Пинянське газове родовище, Язівське родовище самородної сірки), інших нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій. Висновок про генезу метану та інших вуглеводнів роблять за генетичними типами флюїдних включень у мінералах та розмаїтістю в них складу, кількості і співвідношень летких компонентів різного генезису. Глибинні вуглеводні при цьому ідентифікують за даними вивчення первинних–сингенних включень у мінералах

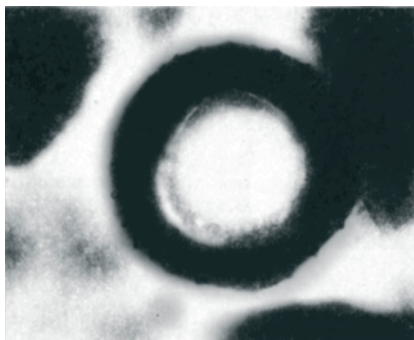


Рис. 1. Газові включення (бульбашки) CO_2 у базальті з дна Індійського океану (рифтова зона Аравійсько-Індійського хребта). Зб. 160 (Шнюков и др., 1987)

глибинного походження, а каталітичні–сингенні гази – як за даними вивчення вторинних–епігенних включень у залікованих тріщинах у цих мінералах, так і за даними вивчення включень у мінералах, що утворилися при одночасному проходженні процесів каталізу і консервації.

Вивчення сингенних і епігенних флюїдних включень у мінералах та закритих пор у породах дає точну і достовірну інформацію щодо генези вуглеводневих газів, їхнього складу і кількості компонентів з встановленням визначеної часово-просторової послідовності перебігу складних фізико-хімічних процесів у надрах Землі.

Спосіб (технологія) визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі (Сворень & Давиденко, 1994, 1998; Сворень та ін., 1994, 1998). Проведені теоретичні дослідження й отримані дані при вивченні нафтогазоносних областей Карпатської, Дніпровсько-Донецької та інших нафтогазоносних провінцій свідчать, що міграція й локалізація вуглеводнів в осадових верствах супроводжується розвитком у вмісних породах прожилково-вкрапленої мінералізації. Насиченість прожилкових мінералів флюїдними включеннями і спектр речовинного складу останніх безпосередньо пов'язані з характером і масштабом покладів вуглеводнів. При цьому нафтогазонасиченість мінералів прожилків, зокрема карбонатів, на порядок і більше вища від величин, які можна отримати аналізом породи з ореолів покладів, а склад флюїдних включень у прожилкових мінералах повніше характеризує сам поклад. Це дає підставу розглядати прожилкову мінералізацію в осадових товщах нафтогазоносних областей як чіткий індикатор наявності на глибині чи на певній відстані за латераллю покладів вуглеводнів та основу нової технології визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі (Сворень & Давиденко, 1994, 1998; Сворень та ін., 1994, 1998).

У ході реалізації технології особливу увагу приділяють встановленій у керні свердловини чи у відслоненні прожилково-вкрапленої (карбонатній, кварц-карбонатній тощо) мінералізації. Зерна мінералів з прожилків вивчають в імерсійних рідинах з відповідними показниками заломлення для візуального встановлення кількості і характеру наявних у них флюїдних включень. Зростання кількості газових і газозовідних вуглеводневих включень у прожилкових мінералах дає підставу для вивчення їхнього речовинного складу, до прикладу, методами хімічної мас-спектрометрії чи хроматографії. Паралельно визначається склад вуглеводнів з флюїдних включень у мінералах вмісних порід. У випадках росту величини газонасиченості в мінералах прожилка порівняно з вмісними породами робиться позитивний висновок щодо перспективності площі чи ділянки. За наявності двох або більше свердловин з такими результатами вивчення флюїдних включень у мінералах прожилків розглядуваного геологічного розрізу вказується ймовірний напрямок зростання нафтогазонасиченості і, відповідно, знаходження вірогідного покладу.

Нижче наведено приклади реалізації технології (із застосуванням мас-спектрометричного хімічного методу):

1. Пошук нафтового покладу здійснено за даними вивчення проб з керна св. 3-Східницька в Передкарпатському прогині (інт. 4067–4071 м). Мікровключення в прожилковому кальциті вуглеводневі, рідка фаза-нафта становить 70–80 % від об'єму вакуолі з концентрацією $5,00 \cdot 10^{-6}$ г/г кальциту.

Величина відношення концентрацій рідких вуглеводнів у включеннях у кальциті та у вмісній породі на глибині 4070 м становить $2,40 \cdot 10^2$, що свідчить про нафтоперспективність даного інтервалу.

2. Пошук газового покладу здійснено за даними вивчення проб із керна св. 10-Летнянська (Передкарпатський прогин). Мікровключення в кальциті прожилка газів, істотно метанові. Величина відношення концентрацій вуглеводневих газів у включеннях у кальциті та у вмісній породі становить $1,82 \cdot 10^2$, що надійно стверджує наявність газового покладу.

Пропонована технологія визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі, порівняно з відомими, характеризується підвищеною достовірністю і точністю, що з глибиною зростають, оскільки сприятливішими стають умови для формування кальцитових, кварцових та інших прожилків і герметизації в них флюїдних включень з вуглеводнями. Вона також дає змогу в десятки та сотні разів розширити площу ділянок, що можуть бути надійно схарактеризовані на вуглеводні за керном пробуреної свердловини.

Унаслідок її застосування різко підвищиться надійність оцінки перспективи нафтогазоносності локальної площі за керном свердловин, які буряться, і значно розшириться площа чи простір, для яких буде отримана достовірна інформація щодо вуглеводневих покладів. Окрім того, отримання початкової інформації за флюїдними включеннями з допомогою мікроскопа є достатньо експресним визначенням і може здійснюватися в умовах виробничих організацій. Налагодження спеціального аналізу речовинного складу флюїдних включень у мінералах прожилків сучасними методами хімічної мас-спектрометрії чи газової хроматографії теж не становить особливих труднощів.

Отже, із викладеного випливає така суть технології (Сворень та ін., 1994, 1998): знаходження локальної нафтогазоносною площі стверджують за наявністю і характером росту величини відношення концентрації вуглеводнів у включеннях у прожилкових мінералах до концентрації вуглеводнів у включеннях у мінералах порід, що містять ці прожилки; при цьому за величиною відношення, що знаходиться в межах від одиниці до кількох сотень одиниць, визначають як напрямок безпосереднього пошуку, так і ймовірне розташування нафтогазового покладу, тобто, вірогідність визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі зростає із ростом величини відношення концентрації вуглеводнів у включеннях у прожилково-вкраплених мінералах до концентрації вуглеводнів у включеннях-дефектах у мінералах вмісних порід.

Спосіб локального прогнозування збагачених ділянок золоторудних полів (Давиденко & Сворень, 1994; Svoren' et al., 1999). Апробація анонсованої технології (Давиденко & Сворень, 1994; Svoren' et al., 1999) у межах золоторудних полів розпочинається з окреслення ділянок суцільного поширення мінералів-супутників самородного золота. В оконтуреній таким способом території у природних відслоненнях, підземних виробках чи за керном свердловин за двома взаємно перпендикулярними профілями проводять штупне опробування кварцу та інших мінералів (карбонати, адуляр, барит, сфалерит тощо), парагенних з золотом. Відбирають усі візуально виділені мінерали-супутники, а у випадку складнощів з їхнім виокремленням відстань між пробами по профілю береться в межах 10 % його довжини. Відібрані проби мінералів вивчають під мікроскопом в імерсійних рідинах з метою

дослідження типів, фазового стану і складу флюїдних включень. Далі типові проби з багатофазовими включеннями піддають газовому (хімічна мас-спектрометрія, газова хроматографія тощо) аналізу для визначення складу їхніх летких компонентів і газонасиченості.

За результатами мікровізуального і газового аналізів встановлюють ступінь розмаїтості фазового стану, складу і газонасиченості флюїдних включень у мінералах відібраних проб і за наявності позитивних аномалій цих характеристик робиться висновок про знаходження локальної ділянки підвищеної золотоносності. Ділянки скупчення кварцу чи іншого мінералу-супутника золота, що відповідають вказаним умовам, виділяють як достатньо перспективні. Найзначніші аномалії такого типу свідчать про наявність ділянок з підвищеною інтенсивністю проявів золоторудної мінералізації і, відповідно, про перспективність знаходження в них збагачених золотом рудних тіл (жил, блоків тощо).

Подаємо приклади реалізації технології в межах потенційно золотоносних структур (із застосуванням методу мас-спектрометричного хімічного аналізу):

Приклад 1. Досліджували кварц жил родовища Мурунтау (Узбекистан), відібраний у межах дна і стінок експлуатаційного кар'єру. Із наближенням до збагачених рудних блоків включення у кварці золоторудних парагенезів стають різнотипнішими. Газонасиченість кварцу слабкозолотоносних зон становить ($n \cdot 10^{-6}$ г/г проби): CO_2 0,055; N_2 0,004; CH_4 0,348; H_2 0,0002; а високозолотоносних – різко зростає і досягає, відповідно, 1,366; 0,079; 0,083; 0,0001. Як бачимо, концентрація CO_2 у цьому випадку зросла в 39 разів.

Приклад 2. Проаналізовано кварц золоторудних парагенезів Каральвеевського родовища (Чукотка). Включення у мінералі багатофазові з видимою фазою рідкого діоксиду вуглецю. Газонасиченість кварцу з особливо багатих зон істотно підвищена, зокрема для CO_2 становить $0,931 \cdot 10^{-6}$ г/г проби.

Приклад 3. Вивчено барит родовища Кубака (Магаданська область Росії). Як і інші мінерали особливо багаті на золото зони, включення в ньому, на противагу попереднім даним, характеризуються аномально високою метанонасиченістю ($n \cdot 10^{-6}$ г/г проби): CO_2 0,055; N_2 0,004; CH_4 0,348; H_2 0,0002.

Наведені фактичні дані, крім того, додатково підтверджують наявність виділених двох крайніх гілок геохімічної спеціалізації мінералоутворювальних флюїдів: за участі високих концентрацій CO_2 і в присутності значного вмісту CH_4 (Кадик, 1986; Калюжный и др., 1987; Наумко, Калюжный та ін., 2007).

Отож, у даній технології (Давиденко & Сворень, 1994; Svoren' et al., 1999) знаходження локального поля підвищеної золотоносності стверджують за наявністю і зміною в пробах позитивних аномалій різнотипності фазового стану, складу та газонасиченості флюїдних включень у мінералах-супутниках золота. Вона характеризується підвищеною надійністю і достовірністю, що особливо відчутно при опробуванні об'єктів зі слабкозолотоносних зон чи ділянок, і завдяки їй значно зростає швидкість визначення золотоперспективних ділянок у нових районах. Тому, зокрема, її рекомендується використовувати в південній частині Кіровоградського блоку Українського щита, де у включеннях у кварці перспективних кварцово-жильних рудопроявів домінує діоксид вуглецю, а власне включення – багатофазові з видимою фазою рідкого CO_2 (рис. 2), що засвідчує високу газонасиченість мігрувальних

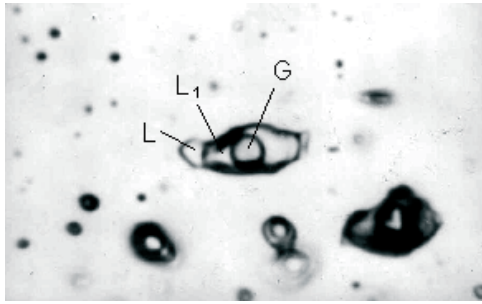


Рис. 2. Складні включення діоксиду вуглецю у кварці продуктивних парагенезів Ахтівського кварцово-жильного рудопрояву південної частини Кіровоградського блоку Українського щита (L – водний розчин; L₁ – рідкий CO₂; G – газова фаза). Зб. 900х (Наумко, Ковалишин та ін., 2007)

флюїдів (Наумко, Ковалишин та ін., 2007). Водночас застосування технології при розвідці забезпечує можливість з'ясування розташування багатих золоторудних блоків, що набуває особливого значення в Україні в аспекті дослідно-промислової перевірки і використання на об'єктах, де вже розпочато гірничо-бурову розвідку (Клинцівське, Майське, Берегівське, Мужієвське та ін.) (Наумко & Попівняк, 2008).

Методика експресного визначення сполук калію у включеннях мінералоутворювальних флюїдів для розбракування збагачених золотом і безрудних жильних утворень (Ковалишин та ін., 1999). Оригінальний методичний підхід до прогнозування та пошуків золота склав основу для розробки методики експресного визначення вмісту такого типоморфного елементу мінералоутворювальних флюїдів, як калій у різних сполуках (Ковалишин та ін., 1999).

Аналіз даних водних витяжок із включень у мінералах кварцових, кварц-сульфідних і кварц-карбонатних рудних тіл у давніх метаморфічних утвореннях Мармароського масиву (Складчасті Карпати) (Ковалишин & Братусь, 1984; Ковалишин & Вишталюк, 1985) дав змогу з'ясувати, що в мінералоутворювальних флюїдів, які формували промислово золотоносні руди, збільшені концентрації йона калію і гідрокарбонат-іона порівняно з безрудними утвореннями.

Розрахувавши величини середнього вмісту катіонів і аніонів у мінералоутворювальних флюїдах різних промислових типів руд, ми виявили (Kovalyshyn & Naumko, 2001), що вміст йона калію в золото-кварц-карбонатних парагенезах становить 32 %-екв., золото-кварц-сульфідних – 28 %-екв., золото-кварцових – 19 %-екв. Водночас включення у мінералах безрудних кварцових жил містять 10 %-екв. K⁺ і менше. Підтверджується тісний генетичний зв'язок калійвмісних флюїдів і гідротермального зруденіння в Карпатській золоторудній провінції. За цих передумов перевага йона калію в рідкій фазі флюїдів метаморфогенно-гідротермального походження може вважатися додатковим пошуковим критерієм на золото та інші благородні метали.

В основу методики покладено комбінування валового аналізу невеликих наважок і техніки ультрамікроаналізу, запропонованої О. Й. Петриченком для дослідження включень у мінералах галогенних порід (Петриченко, 1973), оскільки метод водної витяжки є досить трудомістким, а методику встановлення хімічного складу індивідуальних включень неможливо застосувати через незначні розміри вакуолей.

Основним для дослідження вибирають мінерал, що міститься в парагенезах у значних кількостях. Звичайно цьому відповідає кварц, який є постійним продуктом, що нерідко домінує в постмагматичних процесах, і за флюїдними включеннями саме в ньому можна отримати максимум генетичної інформації. Попередньо ретельно промиті в бідистильованій воді та висушені наважки кварцу (вага 10 г) подрібнювали і розтирали в агатовій ступці до стану пудри. Підготовані проби заливали бідистильованою водою (50 мл). Витяжку здійснювали протягом 30 хвилин, упродовж яких розчин періодично помішували. Після цього його центрифугували, фільтрували через паперовий фільтр і випаровували в сушильній шафі до об'єму 5 мм³. У цьому мікрооб'ємі і визначали вміст іонів калію. Досліджуваний розчин засмоктувався під дією капілярних сил у скляний капіляр. Його об'єм вимірювали під мікроскопом з допомогою окуляр-мікрометра. Потім капіляр під бінокелем опускали у відповідний реактив (розчин кобальто-нітрату натрію) для проходження реакції з утворенням дрібних кристалів. Капіляр заповнювався і його переносили в центрифугу. Весь осад після центрифугування осідав у тонкому кінці капіляра, що дало змогу підрахувати його розмір і визначити об'єм відносно вихідної кількості розчину. Похибка одного визначення для калію становить 23,1 % (Петриченко, 1973). При проведенні двох-трьох паралельних аналізів точність можна підвищити до 10–17 %.

Результати мікрохімічного аналізу водних витяжок з кварцу жильних тіл рудопрояву Білий Потік у межах родовища Сауляк Рахівського рудного району в частині, що стосується визначення вмісту сполук калію рудних і безрудних парагенезисів, узагальнені в табл. 1.

Наведені дані свідчать, що для всіх проаналізованих проб як окремі визначення, так і середній вміст іонів калію у флюїдних включеннях у них

Т а б л и ц я 1. Результати мікрохімічного аналізу водних витяжок з кварцу жильних тіл рудопрояву Білий Потік родовища Сауляк Рахівського рудного району Карпатської золоторудної провінції

Номер проби	Характеристика проби	Вміст іона калію, г/л	Середній вміст іона калію, г/л	Примітка
2–87	Кварц золото-кварц-сульфідного рудопрояву	8,7	11,4	Багато органічної речовини. Вміст хлору – 38,0 г/л
		12,8		
		12,7		
3–87	Кварц золото-кварцового рудопрояву	5,0	7,7	
		10,3		
		7,8		
1–87	Кварц сірий безрудний	2,0	2,5	
		3,0		
		2,5		
4–87	Кварц молочно-білий безрудний	2,0	2,5	
		2,5		
		3,0		

Примітка: аналітик – Володимир Ковалевич (ІГГК НАН України, м. Львів).

і, відповідно, їхня концентрація в мінералоутворювальних флюїдах золото-вмісних проявів у 3–4 рази вища за концентрацію в безрудних утвореннях.

Отож, ми отримали можливість експресного визначення вмісту іонів калію в мінералоутворювальних флюїдах, а його величини запропонувати як додатковий критерій розбракування збагачених золотом і безрудних жильних утворень (Ковалишин та ін., 1999).

Встановлені термобаричні і геохімічні критерії золотого зруденіння на родовищі Сауляк заслуговують на увагу і можуть бути використані для прогнозування аналогічних рудопроявів метаморфогенно-гідротермального походження в інших частинах Українських Карпат та в регіонах зі значним поширенням порід зеленосланцевої фації метаморфізму, до яких передусім належить Український щит.

Як показує наш досвід, комплекс термобаричних і геохімічних досліджень в області запропонованих технологій та методик для конкретної пошукової свердловини в межах локальних структур, площ і ділянок повинен передбачати (Наумко та ін., 2001; Сворень & Давиденко, 1998; Сворень & Наумко, 2002; Сворень та ін., 2005):

- детальне вивчення геологічної будови ділянки закладки передбачуваної пошукової свердловини, встановлення наявності тріщинних як вертикальних (розривних порушень), так і горизонтальних (зон розущільнення, перерв в осадонагромадженні, стратиграфічних неузгодженостей тощо) ослаблених зон (розломних зон підвищеної проникності гірських порід) (Павлюк та ін., 2002; Чебаненко та ін., 2000) і ступеня їхньої залікованості новоутвореннями процесу постседиментогенного мінералогенезу (регенерація кластичних зерен, перекристалізація і розчинення цементу вмісних порід, формування прожилково-вкрапленої мінералізації тощо);

- відбір керн з прожилками і вкрапленнями та вмісних порід;

- виготовлення препаратів для їхнього дослідження в імерсійних рідинах, шліфів та плоскопаралельних пластинок;

- вивчення летких компонентів флюїдних включень, їхніх відносних газо- і водонасиченостей, співвідношень ізотопів вуглецю як у карбонатах, так і в інших вуглецевмісних сполуках, асоціацій мікроелементів у межах інтервалу глибин, на яких здійснюватиметься повний відбір керн;

- дослідження типоморфних ознак вуглеводневих флюїдних включень і відтворення за ними генетичних особливостей постседиментогенного мінералогенезу;

- уточнення за термобаричними і геохімічними характеристиками флюїдного режиму елементів прогнозу і перспектив відкриття покладів корисних копалин (нафтових, газових, газоконденсатних, рудних).

Виконане нами порівняння результатів вивчення флюїдних включень у мінералах прожилків і вмісних порід за розрізами низки свердловин (Наумко, 2006; Наумко, Калюжний та ін., 2007) показало можливість розроблених технологій та перспективність застосування мінералофлюїдологічних показників у комплексі з геохімічними (Наумко та ін., 2006) і геофізичними (Наумко та ін., 2009) методами та матеріалами геологічного знімання і глибокого буріння при прогнозуванні та пошуках покладів вуглеводнів у локальних структурах перспективно нафтогазоносних верств і внесенні необхідних

коректив у напрямки подальших геологорозвідувальних робіт, зокрема в Дніпровсько-Донецькій западині (Охтирський нафтогазопромисловий район) (Малюк та ін., 1996) та Карпатському регіоні (площі Саджава, Перемишляни) (Наулко та ін., 2004).

Це підтверджує і їхня вдала апробація на численних міжнародних конференціях, зокрема (Наулко & Сворень, 2014).

До прикладу, для площі Саджава в Передкарпатті аналіз термобарогеохімічних показників, узагальнених у табл. 2, дав змогу зафіксувати такі визначальні моменти.

Алевроліт з керна (інтервал глибин 3004–3009 м) св. 1-Саджавська – сірий із зеленим відтінком, міцний, щільний, слабкостудистий та невапнистий, розбитий сіткою тріщин від 1–2 до 5 мм. Тріщини мінералізовані білим кальцитом. За площинами нашарування з кутом 25–30° трапляються дзеркала ковзання. Включення в алевроліті містять (див. табл. 2) максимальні кількості метану і діоксиду вуглецю, відповідно, 43,34 і 41,67 об. % за незначних вагових концентрацій, та азот, етан і водень, вміст яких сумарно становить приблизно 15 %.

Різко відмінний склад газів у включеннях розміром ~ 0,001 мм у кальциті, який представлений багатьма добре ограненими кристалами розміром до 2,0 мм з прожилків з цього самого інтервалу. Вміст метану становить 86,0 об. % за концентрації $0,199 \cdot 10^{-6}$ г/г проби, що переважає це значення в алевроліті в 13,3 раза. Сума інших летких компонентів становить приблизно 15 % за значно менших концентрацій на одиницю маси.

Алевроліт з інтервалу глибин 3555–3560 м, на відміну від алевроліту з інтервалу глибин 3004–3009 м, характеризується збільшеним вмістом діоксиду вуглецю. Однак аргіліт з цього інтервалу містить різко підвищені концентрації метану – 93,51 % та $0,854 \cdot 10^{-6}$ г/г проби, а також етану та пропану. Алевроліт з інтервалу 3925–3933 м за речовинним та фазовим складом близький до такого з глибини 3004–3009 м.

Отож, вища в 13,3 раза концентрація метану в кальциті прожилка керна св. 1-Саджавська (інтервал 3004–3009 м) порівняно із вмісною породою (алевролітом), що містить цей кальцит, свідчить про вірогідне знаходження газового покладу в околі свердловини. Сказане підтверджується отриманими даними про склад включень і закритих пор в аргіліті з інтервалу 3555–3560 м,

Т а б л и ц я 2. Вуглеводневмісні гази флюїдних включень у мінералах і закритих пор у породах площі Саджава Карпатської нафтогазоносною провінції

Порода, мінерал	Інтервал відбору, м	Компоненти:			
		об'ємні частки, % / вагові концентрації, $n \cdot 10^{-6}$ г/г проби			
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂
Алевроліт	3004–3009	43,34/0,015	3,33/0,002		41,67/0,041
Кальцит	3004–3009	85,95/0,199	4,86/0,020	6,31/0,040	0,54/0,003
Алевроліт	3555–3560	6,69/0,004			80,01/0,131
Аргіліт	3555–3560	93,51/0,854	2,79/0,044	1,72/0,043	0,93/0,023
Алевроліт	3925–3933	45,67/0,006			45,33/0,018

Примітка: аналітик – Йосип Сворень (ІГГК НАН України, м. Львів).

у яких концентрація вуглеводнів у понад 57 разів перевищує їхній вміст в алевроліті з інтервалу 3004–3009 м. Якщо виявлені вуглеводні ізольовані від відомого Космацького газоконденсатного родовища, то ймовірно відкриття покладу подібного типу в радіусі 0,5–3,0 км з центром у цій свердловині.

Ці факти дають нам підставу запропонувати будівництво пошукової свердловини, яку буде розташовано між св. 1-Саджавська та Космацьким газоконденсатним родовищем на відстані 0,5–0,6 км від центра свердловини з проектною глибиною 4,5 км. При цьому буріння (роторне) на проміжку від 3,5 до 4,5 км глибини має здійснюватися з отриманням керна, необхідного для його паралельного вивчення відповідно до технологічних вимог (Наумко та ін., 2001; Сворень, Давиденко, 1998; Сворень, Наумко, 2002; Сворень та ін., 2005). Точне місце закладення проектної свердловини буде визначене після детального аналізу геологічної ситуації.

Висновки.

1. Флюїдні включення як природно збережені релікти мінералоутворювальних середовищ (флюїдів) значною мірою сприяють з'ясуванню питань походження вуглеводнів як складових власне нафти і газу, так і вихідних речовин для синтезу вуглеводнів за умов верхньої мантії і земної кори – літосфері (тектоносфері) Землі.

2. Аналіз даних зі складу летких компонентів флюїдних включень у мінералах основних та ультраосновних порід, що завідомо утворилися на значних глибинах у межах верхньої мантії та земної кори різних регіонів, показав, що майже в усіх пробах містяться у співмірних кількостях CO₂, метан, етан, пропан, вода, тобто магматична кристалізація в глибинних умовах за високого флюїдного тиску сприяла утворенню у флюїдах вуглеводнів, насамперед CH₄ та його гомологів.

3. У середовищі абіогенного високотермобарного глибинного флюїду, який втілюється в певну ділянку земної кори завдяки потужному імпульсові тектоногенної енергії, його складові розкладаються до атомів, іонів та радикалів, у результаті адіабатичного розширення порожнини розлому у сферу впливу флюїду потрапляють вуглеводневмісні сполуки з осадової оболонки, які теж розкладаються, і в утвореній відновній зоні-області синтезують вуглеводневі сполуки.

4. З'ясовано, що саме характер розподілу і загальний (сумарний) склад летких компонентів флюїдних включень у прожилково-вкрапленій мінералізації та мінералах порід потенційно перспективних товщ є найважливішим показником генези і масштабності нафтогазових родовищ, а флюїдопровідні розломні зони чітко фіксуються за контрастністю і просторовим поширенням виявлених геохімічних аномалій вуглеводневих газів.

5. На цьому унікальному явищі й ґрунтується інноваційний підхід до розробки нафтогазопошукових технологій нетрадиційного типу, що передбачають їхнє створення та здійснення власне пошуків родовищ вуглеводнів одночасно із з'ясуванням проблеми їхнього походження і синтезу на атомно-молекулярному рівні, зафіксованому флюїдними включеннями у мінералах, насамперед відповідно до нової технології визначення генези вуглеводневих газів і нової технології визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі тощо.

6. Інформативність термобарогеохімічних методів, застосовуваних при пошуково-розвідувальних роботах на поклади вуглеводнів, зростатиме при їхньому комплексуванні з прямими геохімічними методами пошуків покладів вуглеводнів, матеріалами геологічного знімання і глибокого буріння, геофізичними даними. Як показовий приклад, наведено перші оригінальні результати апробації технології визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі, проведеної в межах нафтогазоносних товщ Передкарпаття.

- Братусь, М. Д., Давиденко, М. М., Зінчук, І. М., Калюжний, В. А., Матвієнко, О. Д., Наумко, І. М., Пірожик, Н. Е., Редько, Л. Р., & Сворень, Й. М. (1994). *Флюїдний режим мінералоутворення в літосфері (в зв'язку з прогнозуванням корисних копалин)*. Київ: Наукова думка.
- Возняк, Д. К. (2003). *Флюїдні включення у мінералах як індикатори ендегенного мінералоутворення* [Автореф. дис. д-ра геол. наук]. Київ.
- Галимов, Э. М. (1968). *Геохимия стабильных изотопов углерода*. Москва: Недра.
- Давиденко, М. М., & Сворень, Й. М. (1994). Спосіб локального прогнозування збагачених ділянок золоторудних полів (Патент України № 5G01V9/00). *Промислова власність*, 3, 27.
- Ермаков, Н. П., & Долгов, Ю. А. (1979). *Термобарогеохимия*. Москва: Недра.
- Кадик, А. А. (1986). Фракционирование летучих компонентов при плавлении верхней мантии. *Геология и геофизика*, 7, 70–73.
- Калюжний, В. А. (1979). *Динамика минералогенеза на основе изучения минералообразующих флюидов (гранитные занорышевые пегматиты и рудоносные гидротермалиты Украины)* [Автореф. дис. д-ра геол.-минерал. наук]. ИГФМ АН УРСР. Киев.
- Калюжний, В. А. (1982). *Основы учения о минералообразующих флюидах*. Киев: Наукова думка.
- Калюжний, В. А., Вынар, О. Н., Зинчук, И. Н., Ковалишин, З. И., & Матвиенко, А. Д. (1987). Геохимическая специализация эндогенных минералообразующих флюидов и поисковые критерии на полезные ископаемые. *Минералогический сборник Львовского университета*, 41(2), 54–58.
- Ковалишин, З. И., & Братусь, М. Д. (1984). *Флюидный режим гидротермальных процессов Закарпаття*. Киев: Наукова думка.
- Ковалишин, З. И., & Вишталюк, С. Д. (1985). О составе рудообразующих флюидов северо-западной части Мармарошского массива. *Минералогический сборник*, 39(2), 76–80.
- Ковалишин, З. И., Наумко, І. М., & Ковалевич, В. М. (1999). Методика експресного визначення калію в мінералотворних флюїдах для розбракування збагачених золотом і безрудних утворень. У *Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота: матеріали міжнародної наукової конференції (Львів, 27–30 вересня 1999 р.)* (с. 65–66). Львів: Видавничий центр ЛДУ ім. Івана Франка.
- Кульчецька, Г. О. (2009). *Леткі компоненти мінералів як індикатори умов мінералоутворення* [Автореф. дис. д-ра геол. наук]. Київ.
- Малюк, Б. І., Клочко, В. П., Довжок, Є. М., Окрепкий, Р. М., Дворянин, Є. С., Марухняк, М. Й., Караваєва, Т. Є., Пономаренко, М. І., Токовенко, В. С., Наумко, І. М., & Гладун, В. В. (1996). *Комплексна інтерпретація та наукове обґрунтування результатів пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ у кристалічних комплексах Охтирського нафтогазопромислового району Дніпровсько-Донецької западини* [Препринт № 96-1]. Український нафтогазовий інститут. Київ.
- Мамчур, Г. П., Сворень, І. М., Калюжний, В. А., Наумко, І. М., Ярыныч, О. А., & Шнюков, Е. Ф. (1981). Изотопный состав углерода свободной углекислоты из

- базальта дна Індійського океана. В *Всесоюзное совещание по геохимии углерода: тезисы докладов* (Москва, 14–16 декабря 1981 г.) (с. 234–235). Москва: ГЕОХИ АН СССР.
- Наумко, І. М. (2006). *Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів)* [Автореф. дис. д-ра геол. наук]. Львів.
- Наумко, І. М., Бекеша, С. М., & Сворень, Й. М. (2008). Флюїди глибинних горизонтів літосфери: зв'язок з родовищами нафти і газу у земній корі (за даними вивчення включень у мінералах глибинного походження). *Доповіді Національної академії наук України*, 8, 117–120.
- Наумко, І. М., & Калюжний, В. А. (2001). Підсумки та перспективи досліджень термобарометрії і геохімії палеофлюїдів літосфери (за включеннями у мінералах). *Геологія і геохімія горючих копалин*, 2, 162–175.
- Наумко, І., Калюжний, В., Братусь, М., Зінчук, І., Ковалишин, З., Матвієнко, О., Редько, Л., & Сворень, Й. (2000). Учення про мінералотвірні флюїди: пріоритетні завдання розвитку на сучасному етапі. *Мінералогічний збірник*, 50(2), 22–30.
- Наумко, І., Калюжний, В., Сворень, Й., Зінчук, І., Бекеша, С., Редько, Л., Сахно, Б., Дручок, Л., Телепко, Л., Белецька, Ю., Матвіїшин, З., Сава, Н., Бондар, Р., & Степанюк, В. (2007). Флюїди постседиментогенних процесів в осадових та осадово-вулканогенних верствах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи і прилеглих геоструктур (за включеннями у мінералах). *Геологія і геохімія горючих копалин*, 4, 63–94.
- Наумко, І., Ковалишин, З., Сава, Н., Братусь, М., Шашорін, Ю., & Сахно, Б. (2007). Термометрична і геохімічна характеристика флюїдів мінералоутворювального середовища кварцово-жильних рудопроявів південної частини Кіровоградського блоку Українського щита. *Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Геологічний збірник*, 19, 136–146.
- Наумко, І. М., Куровець, І. М., Сахно, Б. Е., & Чепусенко, П. С. (2009). Комплексування мінералофлюїдологічних і петрофізичних методів: нетрадиційний підхід до вивчення порід-колекторів (на прикладі Львівського палеозойського прогину). *Доповіді Національної академії наук України*, 1, 106–113.
- Наумко, І. М., & Попівняк, І. В. (2008). Вагомий внесок у відтворення процесів ендеогенного мінералоутворення (рецензія на монографію Д. К. Возняка «Мікрівключення та реконструкція умов ендеогенного мінералоутворення»). *Мінералогічний журнал*, 30(4), 104–107.
- Наумко, І. М., & Сворень, І. М. (2003). О важности глубинного высокотемпературного флюида в создании условий для формирования месторождений природных углеводородов в земной коре. В *Новые идеи в науках о Земле: материалы VI международной конференции* (Москва, 8–12 апреля 2003 г.) (Т. 1, с. 249). Москва.
- Наумко, І. М., & Сворень, Й. М. (2008). Про шляхи втілення глибинного високотемпературного флюїду у земну кору. *Доповіді Національної академії наук України*, 9, 112–114.
- Наумко, І., & Сворень, Й. (2014). Нові технології пошуків корисних копалин, основані на дослідженнях флюїдних включень у мінералах. В *Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии: сборник тезисов Международной научной конференции* (Киев, 1–2 июля 2014 г.) (с. 23–25). Киев: Інтерсервіс.
- Наумко, І. М., Сворень, Й. М., Зінчук, І. М., & Крупський, Ю. З. (2004). До обґрунтування будівництва свердловин на нафту і газ за даними аналізу флюїдних включень у мінералах. У *Нафта і газ України – 2004: матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції* (Судак, 29 вересня–1 жовтня 2004 р.) (Т. 1, с. 203–204). Київ.

- Наумко, І. М., Сворень, Й. М., Ковалишин, З. І., & Крупський, Ю. З. (2001). Передумови застосування комплексу термобарогеохімічних даних для прогнозування покладів вуглеводнів на пошуковій стадії. У *Генезис нафти і газу та формування їх родовищ в Україні як наукова основа прогнозу та пошуків нових скупчень*: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, лютий 2001 р.) (с. 208–209). Чернігів.
- Наумко, І., Сворень, Й., & Степанюк, В. (2006). Про комплексування мінералофлюїдологічних і геохімічних методів пошуків вуглеводнів. У *Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат*: тези доповідей Міжнародної наукової конференції до 100-річчя від дня народження член-кореспондента Національної академії наук України Миколи Романовича Ладиженського та 55-річчя Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 26–28 вересня 2006 р.) (с. 161–164). Львів: ПРОМАН–Прес-Експрес–Львів.
- Павлюк, М. І., Різун, Б. П., Варічев, С. О., & Савчак, О. З. (2002). Поля геодинамічних напружень, проникність гірських порід, глибинні термальні флюїди і нафтогазоносність. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 4, 3–13.
- Петриченко, О. Й. (1973). *Методи дослідження включень у мінералах галогенних порід*. Київ: Наукова думка.
- Решение Международной конференции «Крым–2003» «Проблемы геодинамики и нефтегазоносности Черноморско-Каспийского региона». (2004). В *Проблеми геодинамики и нефтегазоносности Черноморско-Каспийского региона*: збірник докладов V Международной конференции «Крым–2003» (с. 11–13). Симферополь.
- Сворень, І. М. (1984). *Примеси газів в кристалах мінералів і других твердих тілах (их способи извлечения, состав, форми нахождения и влияние на свойства веществ)* [Автореф. дис. канд. техн. наук]. Інститут геології і геохімії горючих ископаемых АН УРСР. Львів.
- Сворень, Й. М., & Давиденко, М. М. (1994). Спосіб визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі (Патент України № 5G01V9/00). *Промислова власність*, 4, 2.45.
- Сворень, Й. М., & Давиденко, М. М. (1995). Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій. *Доповіді Національної академії наук України*, 9, 72–73.
- Сворень, Й. М., & Давиденко, М. М. (1998). Пошукове значення термобарометрії і геохімії газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій. У *Нафта і газ України–98*: матеріали V Міжнародної конференції (Полтава, 15–17 вересня 1998 р.) (Т. 1, с. 110–111). Полтава: УНГА.
- Сворень, Й. М., Давиденко, М. М., Гаєвський, В. Г., Крупський, Ю. З., & Пелипчак, Б. П. (1994). Перспективи термобарометрії і геохімії газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4(88–89), 54–63.
- Сворень, Й. М., & Наумко, І. М. (2000). Нова технологія визначення генезису вуглеводневих газів. У *Нафта і газ України – 2000*: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (Івано-Франківськ, 31 жовтня–3 листопада 2000 р.) (Т. 1, с. 108). Івано-Франківськ: Факел.
- Сворень, І. М., & Наумко, І. М. (2002). Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації в отложениях нефтегазоносных областей и металлогенических провинций: проблема генезиса и поиска углеводородов. В *Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. К созданию общей теории нефтегазоносности недр*: материалы VI международной конференции (Москва, 28–31 мая 2002 г.) (Т. 2, с. 156–159). Москва: ГЕОС.

- Сворень, Й. М., & Наумко, І. М. (2005). Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій – природний феномен літосфери Землі. *Доповіді Національної академії наук України*, 2, 109–113.
- Сворень, Й. М., & Наумко, І. М. (2006). Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм. *Доповіді Національної академії наук України*, 2, 111–116.
- Сворень, Й. М., Наумко, І. М., & Давиденко, М. М. (1998). Нова технологія визначення перспективи нафтогазоносності локальної площі. У *Нафта і газ України–98: матеріали V Міжнародної конференції* (Полтава, 15–17 вересня 1998 р.) (Т. 1, с. 111–112). Полтава: УНГА.
- Сворень, Й. М., Наумко, І. М., Куровець, І. М., & Крупський, Ю. З. (2005). Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій: проблема генезису та пошуку вуглеводнів. *Доповіді Національної академії наук України*, 3, 115–120.
- Чебаненко, І. І., Шестопапов, В. М., Багрій, І. Д., & Палій, В. М. (2000). Розломні зони підвищеної проникності гірських порід та їх значення для виявлення екологонебезпечних ділянок. *Доповіді Національної академії наук України*, 10, 136–139.
- Шнюков, Е. Ф., Калюжний, В. А., Щирица, А. С., Телепко, Л. Ф., Круглов, А. С., Сворень, І. М., & Алауи, Г. Г. (1987). Газовые флюиды контактовых базальтов дна Индийского океана (по реликтовым включениям). *Доклады Академии наук СССР*, 297(6), 1457–1460.
- Kovalyshyn, Z. I., & Naumko, I. M. (2001). The peculiarities of fluid composition in gold ore mineralization within metamorphic rocks of north-western part among Marmarosh massif (Ukrainian Carpathians). В *Тезиси докладов X международной конференции по термобарогеохимии* (Александров, 10–14 сентября 2001 г.) (с. 85–88). Александров: ВНИИСИМС.
- Roedder, E. (1984). Fluid inclusions [Monograph]. *Reviews in Mineralogy*, 12, 1–644.
- Svoren', J. M., Naumko I. M., Kovalyshyn, Z. I., Bratus', M. D., & Davydenko, M. M. (1999). New technology of local forecast of enriched areas of gold ore fields. У *Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота: матеріали міжнародної наукової конференції* (Львів, 27–30 вересня 1999 р.) (с. 120–121). Львів: Видавничий центр ЛДУ ім. Івана Франка.

Стаття надійшла:
19.08.2021 р.

Ihor NAUMKO, Yosyp SVOREN

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of
National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine,
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES
OF THE PROSPECTING FOR MINERAL DEPOSITS
BASED ON DATA OF FLUID INCLUSIONS RESEARCH**

The innovative approach to the development of prospective technologies (methods) was substantiated on crystallogenic and physicochemical principles of the knowledge of mineral forming environments (fluids) (thermobarogeochemistry – mineralofluidology – fluid inclusions) as a new branch of geological knowledge within the framework of the

new scientific direction in the geology – “thermobarometry and geochemistry of gases of veinlet-impregnated mineralization in deposits of oil- and gas-bearing areas and metallogenic provinces” as a natural phenomenon of the Earth’s lithosphere. According to him, the creation of radically new technologies and realization of prospecting for mineral deposits (first of all hydrocarbons and gold) simultaneously with the elucidation of the problem of genesis and synthesis of hydrocarbons at the atomic-molecular level fixed by such defects in the mineral crystals as fluid inclusions. Developed technologies, namely: determination of genesis of hydrocarbon gases; determination of prospects of oil and gas presence of a local area; local forecast of enriched areas of gold ore fields; express determination of potassium ions in inclusions for identification of gold-enriched and barren veinlet formations, – belong to the branch of the exploration geology and geochemistry and are used to ascertain genetic questions, to solve tasks of the mineralogical-geochemical prediction and prospecting for mineral deposits in the local structures of oil- and gas-bearing areas and metallogenic provinces. The comparison of fluid inclusions of veinlets and host rocks based on the sections of a number of wells has shown the considerable possibilities of the developed technologies and prospects of the usage of thermobarogeochemical-mineralo-fluidological indicators in the complex with the geochemical and geophysical (petrophysical) methods, data of geological survey, deep-seated drilling while predicting hydrocarbon deposits in the local structures of the sedimentary strata promising for oil and gas and making necessary amendments in the directions of the following geological-prospecting works.

Keywords: innovative technologies, fluid inclusions, geochemistry, thermobarometry, fluids, hydrocarbons, gold, mineral-ore-naphthidogenesis, Earth’s lithosphere.