

# Мінералофлюїдологія та синтез і генезис природних вуглеводнів у надрах Землі

*I. М. Наушко, 2020*

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,  
Львів, Україна

Надійшла 16 березня 2020 р.

Обговорено можливості вчення про мінералоутворювальні середовища (флюїди) (термобарогеохімії—мінералофлюїдології—рідинних включень) в реконструкції флюїдного середовища мінералонафтидогенезу в надрах Землі. Показано, що в його природно збережених реліктах—включеннях у мінералах реально відображені процеси синтезу і генезису природних вуглеводнів, міграції вуглеводневих флюїдів та їхньої локалізації в родовищах нафти і газу. До таких явищ насамперед віднесено абсорбцію летких сполук мантії— $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  та інших, включеннями у мінералах субмантійного (мантійного) генезису (головним чином, в алмазі) як «hydrocarbons and hydrocarbon-forming (petroleum and petroleum-forming) constituents». Розглянуто питання про те, що в мінералах основних і ультраосновних порід саме наявність діоксиду вуглецю і вуглеводнів є типоморфною ознакою дефектів-включень. Переважання глибинного  $CO_2$  високої густини у включеннях в олівіні із нодулей в базальтах о-ва Гаваї і Судет (Польща) та зі дна Індійського океану визначає діоксидовуглецевий характер дегазації в астеносфері і низах літосфери. Це підтверджує найважливіший характер дегазації в астеносфері і низах літосфери. Це підтверджує найважливіший постулат геолого-геохімічної моделі глибинного нафтидогенезу—лише такі сполуки, як  $H_2O$  і  $CO_2$ , можуть бути донаторами Гідрогену і Карбону для синтезу вуглеводнів. З матеріалів досліджень включень флюїдів у глибинних мінералах впливає наявність передумов для формування нафтоподібних систем за високої температури й тиску в астеносфері мантії Землі та їхньої міграції в земній корі. Оригінальні авторські напрацювання в цьому питанні реалізовано у новій теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм і новій моделі мінералонафтидогенезу, а також моделі еволюції глибинних флюїдів (за включеннями у мінералах)—основі мінералофлюїдологічної моделі Землі. Це дало змогу обґрунтувати схему глибинного мінералонафтидогенезу (синтезу вуглеводнів і мінералів) у системі маґма—літосфера в розломних зонах літосфери у середовищі абіогенного високотермобарного глибинного флюїду як одного з варіантів концепції полігенезу природних вуглеводнів. Запропоновано схему міграційних процесів у флюїдопровідних розломних зонах і доведено спряженість процесів міграції вуглеводневих флюїдів та утворення прожилково-вкрапленої мінералізації: з одного боку, формування покладів вуглеводнів, з іншого—захоплення вуглеводневих сполук в дефекти-включення в мінералах прожилків. Таким чином, ідентифікація вуглеводнів у флюїдних включеннях сприяє вирішенню, як фундаментальних проблем походження вихідних речовин для мінерального синтезу вуглеводнів в астеносфері мантії Землі, так і прикладних завдань з розробки пошуково-оцінювальних критеріїв вуглеводневої сировини (за генетичними показниками). Відповідно у нових нетрадиційних геотехнологіях передбачається пошук горючих копалин одночасно з розв'язанням проблеми синтезу і генезису вуглеводнів на атомно-молекулярному рівні, зафіксованому дефектами кристалічної структури мінералів.

**Ключові слова:** термобарогеохімія, мінералофлюїдологія, газово-рідинне включення, мінерали, флюїди, вуглеводні, нафта і газ.

**Вступ.** Вчення про мінералоутворювальні середовища (флюїди) («термобарогеохімія» [Ермаков, 1972]—«мінералофлюїдологія» [Калюжный, 1978, 1982]—«fluid inclusions» [Roedder, 1984]) фактично веде свій відлік від фундаментальної праці анґ-

лійського вченого Г.К. Сорбі (H.C. Sorby «On the microscopic structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks», 1958), хоча про включення у мінералах відомо з часу природодослідників-енциклопедистів [Ермаков, 1950 та ін.]. У сучасному вигляді основні постулати науки були сформульовані на геологічному факультеті Львівського державного університету імені Івана Франка наприкінці 1940-х — на початку 1950-х років професором Миколою Єрмаковим [Матковський та ін., 2017].

«Включением можно назвать какой-либо со всех сторон изолированный в процессе кристаллизации участок в теле минерала, который с последним имеет фазовую границу» [Калюжный, 1982]. Основу терміна складає відоме визначення М. Єрмакова [Ермаков, 1950]. Позаяк «в структурном отношении включение в минерале — это пространство внутреннего дефекта кристаллической решетки (вакансии или совокупности вакансий), заполненное в процессе кристаллизации минералообразующим флюидом или другим веществом» [Калюжный, 1982], його звичайно розглядають як анатомічну недосконалість (неоднорідність) кристалів [Павлишин, 1998]. Термін «флюїд» [Леммлейн, 1956, 1959; Смит, 1956, 1968; Ермаков, 1972; Ермаков, Долгов, 1979; Калюжный, 1979, 1982; Roedder, 1984] характеризує основну властивість речовини середовища мінералогенезу — її найвищу мобільність, максимальну неупорядкованість структури, текучість (плинність). Це стосується як рідкого або газового стану легколетких сполук (газовий, водний розчин), так і розплаву магматичної (силікатної, сольової, карбонатної) речовини. Просторово і генетично включення у мінералах безпосередньо пов'язані з мінералами. Втім якщо за мінералами відновлюють послідовність змін і еволюції продуктів хімічних процесів, то за включеннями — динаміку умов та еволюцію флюїдних середовищ мінералогенезу.

Отже, мінералофлюїдологія має особливий об'єкт дослідження — мікровключення флюїдів у кристалах мінералів та особливі завдання — розкрити фізико-хімічну приро-

ду, просторово-часову послідовність прояву і мінливість параметричних характеристик флюїдів на підставі динамічного підходу до перебігу процесів мінералогенезу у різних геофлюїдодинамічних ситуаціях. Звідси випливає значущість вивчення реліктових включень для нафтогазової геології, оскільки мігруючі вуглеводневі флюїди з осередків корового чи мантийного походження, захоплені як у флюїдні включення і закриті пори порід (закрита пористість), так і в порожнини, тріщини, каверни тощо (відкрита пористість), і насичені ними тверді тіла утворюють системи з властивостями, що не вичерпуються ні окремо взятим флюїдом, ні вмісною породою. У комплексі це сприяє формуванню первинних аномалій вуглеводневмісного середовища, що фіксуються як методами мінералофлюїдології, так і геофізичними й іншими, геохімічними, методами.

Численні дані вивчення включень флюїдів у мінералах вказують на вуглеводневі сполуки (метан, його гомологи, метано-нафтові суміші, інші газоподібні, рідкі й тверді вуглеводневі речовини), як на третій компонент глибинних флюїдів (флюїдних середовищ) після води і вуглекислоти. У родовищах вуглеводневої сировини вони є основною складовою й індикатором процесів синтезу—генезису, міграції та локалізації вуглеводнів, а при утворенні рудних покладів як регулятор окисно-відновного потенціалу процесів мінералогенезу безпосередньо впливають на перенесення і відкладення компонентів та відіграють роль концентраторів рудної речовини.

Ідентифікація вуглеводнів у включеннях — природно збережених реліктах мінералонафтидоутворювальних середовищ (флюїдів) [Леммлейн, 1956; Смит, 1956; Ермаков, 1972; Калюжный, 1982; Roedder, 1984 та ін.], значною мірою сприяє з'ясуванню питань походження як вихідних речовин для синтезу вуглеводнів у глибинних геосферах і земній корі, так і складових нафти і газу з формуванням родовищ [Наумко, 2006, 2011, 2017]. Саме у «включеннях в минералах — этой законсервированной среде минералообразования» вбачав ре-

альне відображення процесів походження природних вуглеводнів, формування вуглеводневих флюїдів та локалізації у вигляді родовищ нафти і газу видатний вчений — геолог-нафтовик, багаторічний директор Інституту геології і геохімії горючих копалин АН УРСР академік Григорій Назарович Доленко. Він вважав, що це сприятиме вирішенню проблеми міграції вуглеводнів і пошуків їхніх родовищ [Доленко, 1986, 1990].

З огляду на значну кількість теорій, гіпотез, поглядів стосовно походження природних вуглеводнів у надрах Землі, кожна з яких виникала на певному етапі, що засвідчує поліваріантність питання, воно надалі продовжує залишатися у центрі уваги дослідників.

Ми спробували внести свою лепту у вирішення проблеми на підставі наявних даних щодо складу включень флюїдів, розпочинаючи від парагенезів глибинних порід до прожилково-вкрапленої мінералізації, яка повсякчасно супроводжує відклади перспективно нафтогазоносних земель.

**Мета.** Обговорення можливостей фундаментальної науки про включення у мінералах — вчення про мінералоутворювальні середовища (флюїди) (термобарогеохімії — мінералофлюїдології — fluid inclusions) у відтворенні процесів синтезу і генезису природних вуглеводнів у надрах Землі.

**Методи.** Для досягнення мети використано результати прецизійних досліджень флюїдних включень, отримані комплексуванням кристалогенних і методико-теоретичних прийомів вчення про мінералоутворювальні флюїди [Ермаков, 1972; Калюжний, 1982; Roedder, 1984 та ін.].

**Результати та їхнє обговорення.** На початку 1980-х років за наукового лідерства академіка Г.Н. Доленка викристалізувалася «нова теорія (гіпотеза) мінерального синтезу нафти і газу в умовах астеносфери мантії Землі», основні наукові засади якої [Доленко и др., 1981] було сформульовано у праці [Доленко, 1986]. Немаловажне значення у її обґрунтуванні, нарівні з даними гідро-геохімічних, вулканічних і космохімічних досліджень, континентального і морського буріння, відіграли термобарогеохімічні дослідження. До таких природних явищ насамперед віднесено оклюзію флюїдів включеннями у мінералах глибинного (субмантіїного (мантіїного)) походження, зокрема у діамантах, з урахуванням, головно даних [Доленко, 1986], а також [Melton, Giardini, 1975, 1981; Giardini et al., 1982 та ін.] стосовно значних кількостей летких компонентів мантії —  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  та ін., у включеннях у діамантах (табл. 1), як слідів «hydrocarbons and hydrocarbon-forming (petroleum and petroleum-forming) constituents» [Giardini et al., 1982]. До прикладу, середній вміст флюїдних компонентів у

**Т а б л и ц я 1 . Середні кількості  $H_2O$ ,  $CO_2$  і  $H_2$ , капсульованих у діамантах з Пани (Індія), Арканзасу (США) і Конго (Африка) [Giardini et al., 1982]\***

Країна	Компонент, $10^{-3}$ см <sup>3</sup> /кг, зразка діаманта (STP cc per cc diamond)		
	$H_2O$	$CO_2$	$H_2$
Індія	1,0	0,8	3,9
США (Арканзас)	3,5	1,4	1,7
Конго (кубічні кристали)	10,8	3,1	0,2

\*Для створення цієї таблиці А.А. Джіардіні зі співавторами використали дані публікацій [Melton, Giardini, 1975, 1981; Giardini et al., 1982].

включеннях у діамантах із родовищ Конго (колиш. Заїр) становить, % (об'ємна частка): H<sub>2</sub>O 69,6; CO<sub>2</sub> 20,5; CH<sub>4</sub> 4,7; CO 3,0; N 1,2; H<sub>2</sub> 1,0; Ar 0,2; C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.

О. Маракушев і М. Безмен [Маракушев, Безмен, 1992], проаналізувавши дані публікацій [Melton, Giardini, 1974, 1975], виявили істотну відмінність флюїдного режиму перидотитового (ультраосновного) та еклогітового (основного) типів діамантогенезу (табл. 2). В ультраосновному середовищі за більш відновних умов діаманти кристалізувалися, ймовірно, за реакцією: CH<sub>4</sub> + 2CO = 3C (діамант) + 2H<sub>2</sub>O, тому кристали перидотитового типу містять відновлені гази (табл. 2). У більш окисненому середовищі основних порід кристалізація проходить за схемою: CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> = 2C (діамант) + 2H<sub>2</sub>O, на що вказує склад газів у кристалах еклогітового типу (табл. 2). Винятково важливим є виявлення факту виділення у цих реакціях води, яку захоплюють кристали діаманта, що ростуть. Це фіксується зростанням вмісту H<sub>2</sub>O у включеннях порівняно з її вмістом у флюїдному середовищі мінералоутворення.

Подальшими дослідженнями, зокрема й українських учених (З. Бартошинський, С. Бекеша, М. Братусь, Т. Винниченко, Д. Возняк, В. Калюжний, В. Квасниця, Й. Сворень та ін.), вдалося з'ясувати, що за типом вуглецевмісного мантійного субстрату діаманти широко варіюють від C<sub>1</sub>- і C<sub>2</sub>-вуглестохондритових до вуглеводневих, а за першоджерелом мантійного вуглецю охоплюють діапазон від діоксидвуглецевих до оксидвуглецевих і далі до метанових (Д. Возняк, В. Квасниця). Зміна флюїдного режиму кристалізації: тяжіння включень з перевагою діоксиду вуглецю і азоту до центрів кристалів діаманта V різновиду (за Ю.Л. Орловим) та вуглеводнів і азоту — до периферійних частин (рис. 1), дала змогу припустити [Рагозин, Шацкий, 2003], що діамант розпочинав кристалізуватися внаслідок окиснення вуглеводневмісного флюїду, а надалі міг рости з нього безпосередньо. Як доказ, на це вказують і знахідки діоксидвуглецево-азотно-вуглеводневих, діоксидвуглецево-азотних та істотно вуглеводневих включень у діамантах з розсипищ Якутії та істотно вуглеводневих, зокрема, з лан-

**Т а б л и ц я 2 . Склад флюїдних включень (%) у природних діамантах з Африки і Бразилії [Melton, Giardini, 1974]**

Компонент	Октаедричні кристали (перидотитовий тип)				Кубічні кристали (еклогітовий тип)				
H <sub>2</sub> O	9,6	17,2	22,5	33,2	46,4	63,3	72,5	76,1	85,1
CO <sub>2</sub>	2,0	9,5	10,1	10,0	28,1	20,8	20,1	5,9	5,4
CO	45,8	14,7	0,0	9,4	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0
CH <sub>4</sub>	0,6	12,9	8,4	8,2	3,7	5,8	2,8	5,1	4,0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,5	0,0	0,0	0,7	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,3	0,0	0,0	1,2	—	—	—	—	—
I-butene	—	—	—	—	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	0,05	0,0	59,0	2,0	2,5	3,0	0,0	0,0	0,1
H <sub>2</sub>	1,8	43,1	0,0	29,4	1,0	1,6	2,9	8,4	1,6
N <sub>2</sub>	38,4	2,6	0,0	3,7	2,6	2,4	1,6	2,5	1,7
O <sub>2</sub>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,1	2,0	1,9
Ar	0,9	0,0	0,0	1,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,05

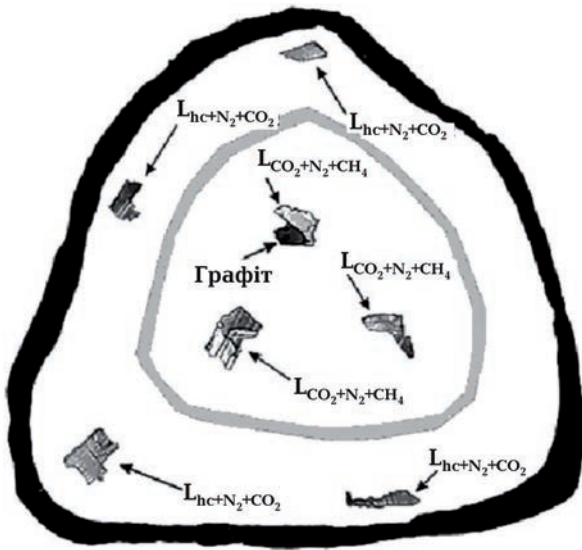


Рис. 1. Схема розташування флюїдних включень у монокристалі діаманта V різновиду (за Ю. Л. Орловим): тяжіння включень з перевагою діоксиду вуглецю і азоту до центра кристала, вуглеводнів і азоту — до його периферійних частин [Рагозин, Шацкий, 2003].

Fig. 1. Scheme of the accommodation of fluid inclusions in the single crystal diamond of the fifth variety (according to Yu. L. Orlov): grouping of inclusions with the predominance of carbon dioxide and nitrogen mainly in the center of the crystal, and hydrocarbons and nitrogen — in its peripheral parts [Ragozin, Shatskiy, 2003].

цюжками типу  $C_{11}$  і більш високомолекулярних сполук — у гранатах із вебстеритових ксенолітів кімберлітової трубки Мир [Томиленко и др., 1997, 2001].

За  $PT$ -параметрів верхньої мантії  $C-O-H$ -флюїд або флюїд складнішого складу, який містить у розчиненому стані лужні або лужноземельні карбонати, міг відігравати роль і джерела вуглеводнів, і середовища кристалізації природного діаманта, про що свідчить і аналіз сучасних експериментальних даних дослідження флюїдних систем ( $CO_2-C$ ,  $H_2O-CO_2-C$ ,  $CH_4-H_2O-C$ ,  $CH_4-H-C$ ) та карбонатно-флюїдних ( $K_2CO_3-H_2O-CO_2-C$ ;  $Na_2CO_3-H_2O-CO-C$ ;  $CaMg(CO_3)_2-H_2O-CO_2-C$ ) за параметрів термодинамічної стабільності діаманта [Сокол и др., 2004; Сокол, Пальянов, 2004].

Отже, отримала логічний розвиток гіпотеза про важливу роль вуглеводневих

флюїдів у процесі кристалізації діамантів [Haggerty, 1986]. Стверджується думка [Гулій, 2004] про те, що вуглецеві «компоненти, з яких можлива кристалізація діаманта, повинні бути присутні в певній формі, яка б забезпечувала позитивний перебіг кінетики реакції», і «або відіграють роль катализатора, або ж забезпечують перебіг проміжних реакцій».

У складі летких сполук магматичних включень у мінералах основних і ультраосновних порід (породи трубок вибуху (Якутія), андезитобазальти о-ва Ітуруп (Курильські острови), андезити вулкана Шівелуч (Камчатка), базальти Судет (Польща)) виявлено  $N_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $CO_2$  (табл. 3) [Жовтуля и др., 1980], подібно до складу включень розплавів в олівіні та плагіоклазі плагіобазальтів вулкана Штубеля (Камчатка) [Братусь и др., 1978].

Зіставленням наведених результатів хімічного складу газової фази включень у мінералах основних і ультраосновних порід, що кристалізувалися на значних глибинах у межах як низів земної кори, так і у верхній мантії, з'ясовано, що майже повсюдно вони містять діоксид вуглецю, метан, етан, пропан, воду та ін. Згідно з аналізом даних досліджень дефектів (флюїдних включень) у мінералах глибинного (мантійного (субмантійного) походження [Bratus' et al., 1994; Наушко, 2006; Наушко та ін., 2007а,б, 2008 та ін.] — у природних діамантах та їхніх мінералах-супутниках (олівіні й піропі) кімберлітів і лампроїтів та глибинних (мантійних) основних і ультраосновних ксенолітів (лерцолітів, еклогітів, піроксенітів); кірках загартування толеїтових базальтів серединно-океанічних хребтів; піроксені та олівіні лужних базальтоїдів тектонічно активних поясів і глибинних ксенолітів, типоморфною ознакою цих включень як реліктів глибинних флюїдів є наявність діоксиду вуглецю і вуглеводнів.

Водночас перевага діоксиду вуглецю глибинного походження у флюїдних включеннях у мінералах [Roedder, 1965, 1984; Калужный, 1981; Шнюков и др., 1987; Bratus' et al., 1994] є доказом визначальної ролі діоксиду вуглецю і підтвердженням діоксид-

**Т а б л и ц я 3. Хімічний склад летких компонентів магматичних включень у мінералах основних і ультраосновних порід [Жовтуля и др., 1980]**

Номер проби	Мінерал	Склад летких компонентів, % (об'ємна частка)							
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>
<i>Якутія, карбонатизована порода (по кімберліту)</i>									
1	Кальцит	9,6	68,5	7,8	1,9	0,0	1,52	10,7	0,0
2	»	10,5	58,8	15,8	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0
3	»	0,0	60,1	39,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	Апатит	9,8	65,8	10,1	2,5	0,0	1,65	10,1	0,0
5	Гранат	<u>42,7</u> 54,5	<u>10,6</u> 13,5	<u>2,7</u> 3,4	<u>2,9</u> 3,5	Слід	<u>0,88</u> 1,1	<u>19,0</u> 24,0	<u>22,25</u> 0,0
<i>Курильські острови (о-в Ітуруп), андезитобазальт</i>									
6	Ромбічний піроксен	5,4	61,5	10,4	0,0	0,0	0,0	22,7	0,0
7	Те саме	<u>2,1</u> 5,8	<u>21,2</u> 58,3	<u>11,3</u> 30,9	<u>1,1</u> 3,1	0,0	<u>0,7</u> 1,9	0,0	<u>63,6</u> 0,0
8	Моноклінний піроксен	2,6	88,0	1,2	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0
9	Те саме	0,0	0,0	<u>13,2</u> 60,0	0,0	0,0	0,0	<u>8,8</u> 40,0	<u>78,0</u> 0,0
10	Плагіоклаз	13,0	61,0	8,9	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0
11	»	<u>1,8</u> 3,9	<u>30,9</u> 66,6	<u>5,8</u> 12,6	<u>1,1</u> 2,3	0,0	<u>0,4</u> 0,9	<u>6,4</u> 13,7	<u>53,6</u> 0,0
12	»	<u>15,7</u> 44,2	<u>14,8</u> 41,7	<u>3,1</u> 8,7	<u>1,8</u> 5,1	0,0	<u>0,1</u> 0,3	0,0	<u>64,5</u> 0,0
<i>Камчатка (вулкан Шівелуч), амфіболітизована порода (проби 13—15), андезит (проба 16)</i>									
13	Озаніт	<u>3,6</u> 5,2	<u>49,6</u> 72,4	<u>3,0</u> 4,4	0,0	<u>1,4</u> 2,1	0,0	<u>10,9</u> 15,9	<u>31,5</u> 0,0
14	Плагіоклаз	<u>8,9</u> 17,1	<u>30,0</u> 57,5	<u>4,3</u> 8,2	<u>2,1</u> 4,0	0,0	<u>1,2</u> 2,3	<u>5,7</u> 10,9	<u>47,8</u> 0,0
15	»	<u>10,2</u> 20,3	<u>28,6</u> 56,8	<u>5,1</u> 10,1	0,0	<u>0,6</u> 1,2	0,0	<u>5,9</u> 11,6	<u>49,6</u> 0,0
16	»	<u>3,8</u> 4,8	<u>59,4</u> 74,4	<u>4,3</u> 5,4	<u>0,3</u> 0,4	0,0	<u>0,2</u> 0,3	<u>11,8</u> 14,9	<u>20,2</u> 0,0
<i>Польща (Сугети), олівіновий нугуль у базальті</i>									
17	Олівін	<u>6,6</u> 9,4	<u>39,6</u> 56,3	<u>1,2</u> 1,7	0,0	0,0	0,0	<u>22,9</u> 32,6	<u>29,7</u> 0,0

*Примітки:* 1) аналізи газів проб 3 і 5 виконав на мас-спектрометрі МХ-1303 Й.М. Сворень, решта — на мас-спектрометрі МСХ-3а Б.Е. Сахно; 2) над рискою — склад газу з урахуванням водню, під рискою — склад газу, перерахований без водню, згідно з працею [Калюжный, 1982]; 3) аналіз проби 5 виконано за умов високого вакууму при нагріві розтертого мінералу до 400 °С.

вуглецевої дегазації як характерної особливості процесів в астеносфері й низах літосфери Землі (табл. 4) [Шнюков и др., 1987]. Уперше на наявність  $\text{CO}_2$  в олівінових нодулях базальтів о-ва Гаваї вказав Е. Реддер [Roedder, 1965]. Включення  $\text{CO}_2$  високої густини в олівіні із нодулей у базальтах він виявив у 72 районах світу і вважає [Roedder, 1984], що цей діоксид вуглецю утворився в мантії. Знахідка у включеннях в олівіні з нодулей у базальтах Судет (Польща) фази рідкого діоксиду вуглецю (див. табл. 3) також вказує на його глибинність [Жовтуля и др., 1980]. Визначений нами ізотопний склад вуглецю вільного  $\text{CO}_2$  з базальту дна Індійського океану,  $\delta^{13}\text{C}$  якого становить  $-6,1\text{‰}$  [Мамчур и др., 1981], разом з даними [Roedder, 1984; Bratus' et al., 1994 та ін.], відповідає ізотопному складу первинного вуглецю найглибших геосфер Землі (субмантійних (мантійних) джерел) [Галимов, 1968 та ін.].

Отож, за включеннями у мінералах підтверджено найважливіший постулат ство-

реної геолого-геохімічної моделі глибинного нафтидогенезу [Доленко и др., 1981; Доленко, 1986, 1990] про те, що лише такі складові глибинних флюїдів, як  $\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{CO}_2$ , можна розглядати як донатори Гідрогену і Карбону [Чекалюк, 1971, 1980] для глибинного синтезу вуглеводнів. Як реальну схему синтезу вуглеводнів з вихідних  $\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{CO}_2$  Й. В. Грінберг [Грінберг, 1971] обґрунтовує можливе перетворення їхніх молекул у систему проміжних вуглеводневмісних радикалів (метин —  $\text{CH}$ , метилен —  $\text{CH}_2$ , метил —  $\text{CH}_3$  тощо), які за умов відносно локального вакууму утворюють різні карболанцюжкові системи [Грінберг, 1971].

Оскільки за складних природних умов земної кори [Наушко, Калюжний, 1996] існування у молекулярній формі вихідних сполук для мінерального синтезу вуглеводнів (реакції типу Фішера—Тропша, Будуара) мало ймовірно, ми запропонували оригінальний механізм перетворення молекул  $\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{CO}_2$  в іонізовані атоми Гідрогену і Карбону та  $\text{C}_n\text{H}_m^+$ -радикали. Він реально

**Т а б л и ц я 4 . Результати хімічного мас-спектрометричного аналізу включень глибинних флюїдів [Шнюков и др., 1987]**

Температура вивільнення та аналізу, °C	Склад суміші газів, % (об'ємна частка)						
	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_2\text{H}_6+\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{C}_3\text{H}_8+\text{C}_3\text{H}_6$
<i>Аналіз індивідуальних включень у олівіні (нодуль, о-в Гаваї)</i>							
20	27,7	—	67,8	—	4,5	—	—
20	24,3	1,8	66,9	—	7,0	—	—
<i>Аналіз окремих газових бульбашок у склі океанічного базальту (на підставі 6 визначень)</i>							
20	100	—	—	—	—	—	—
<i>Термічний газовий аналіз газу із базальтового скла, послідовно вивільненого з огнієї і тієї самої проби</i>							
20	98,2	—	—	—	1,8	—	—
300	8,7	2,7	—	2,6	83,2	2,7	0,4
475	10,0	2,8	—	3,7	80,8	2,3	0,4
740	25,6	3,0	—	10,1	54,3	6,7	Сл.
800	14,2	4,1	—	21,3	50,3	9,7	0,4

здійснимий у середовищі абіогенного високотемпературного (високотермобарного) глибинного флюїду [Наумко, Сворень, 2003; Naumko, Svoren', 2010; Сворень, 2017] за таких природних фізико-хімічних явищ: адиабатичний процес, утворення тектонічних мікро- і макротріщин та різних субмікродефектів, виникнення високовольтного електромагнітного поля, створення окисно-відновного середовища, синтез природних вуглеводнів, формування прожилково-вкрапленої мінералізації з процесами цементації як безпосереднього показника процесів глибинного флюїдогенезу і перенесення речовини та механізмів заліковування мігрувальних тріщин. За цих умов Гідроген і Карбон, набувши атомарної, йонної та радикальної форм, у вигляді окремих атомів чи радикалів та їхніх іонів:  $H$ ,  $H^+$ ,  $C$ ,  $C^+$ ,  $CO$ ,  $CO^+$ ,  $CH$ ,  $CH^+$ ,  $CH_2$ ,  $CH_2^+$  тощо, активно взаємодіють один з одним з утворенням вуглеводнів.

Наші оригінальні погляди на можливі фізико-хімічні моделі синтезу і генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі та формування родовищ нафти і газу зrealізовано у новій теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогений дуалізм [Сворень, Наумко, 2006], та новій моделі мінераловуглеводнегенезу [Наумко, 2006] і запропоновано нову схему глибинного мінерало- і нафтидогенезу (синтезу вуглеводнів і мінералів) у системі магма—літосфера у межах розломних зон літосфери Землі (рис. 2) як один з варіантів концепції полігенезу природних вуглеводнів [Павлюк, 2017]. У надрах Землі — високоенергетичному природному фізико-хімічному реакторі [Сворень, Наумко, 2009], синтез вуглеводневих сполук проходив адиабатично і дискретно упродовж різних геологічних періодів, тому є всі підстави сподіватися на існування сталого, практично невичерпного джерела природних вуглеводнів глибинного походження.

Ці ідеї розвиває й нова оригінальна модель утворення природних вуглеводнів у літосфері Землі [Павлюк та ін., 2012], що ґрунтується на експериментальних даних проф. Ф. Фройнда і його групи з універси-

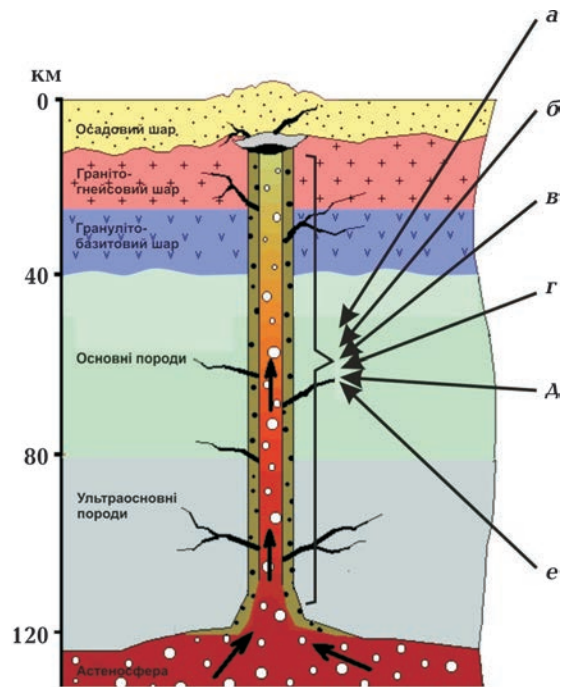
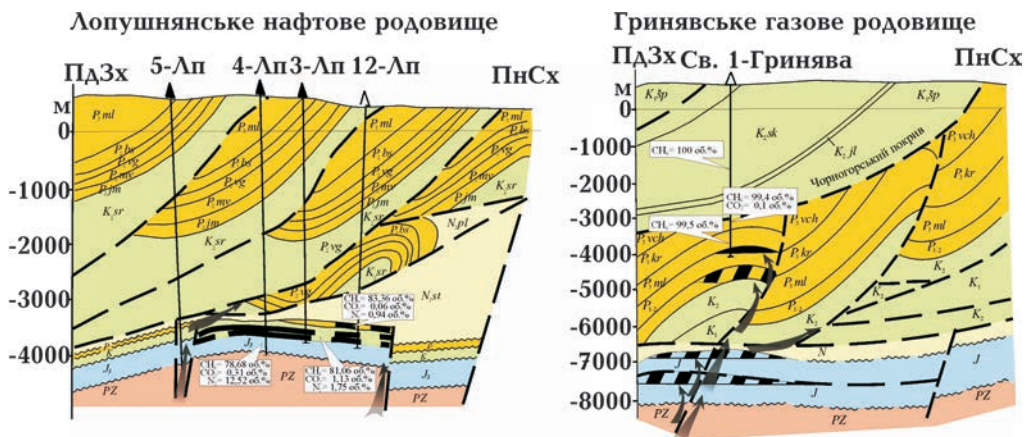


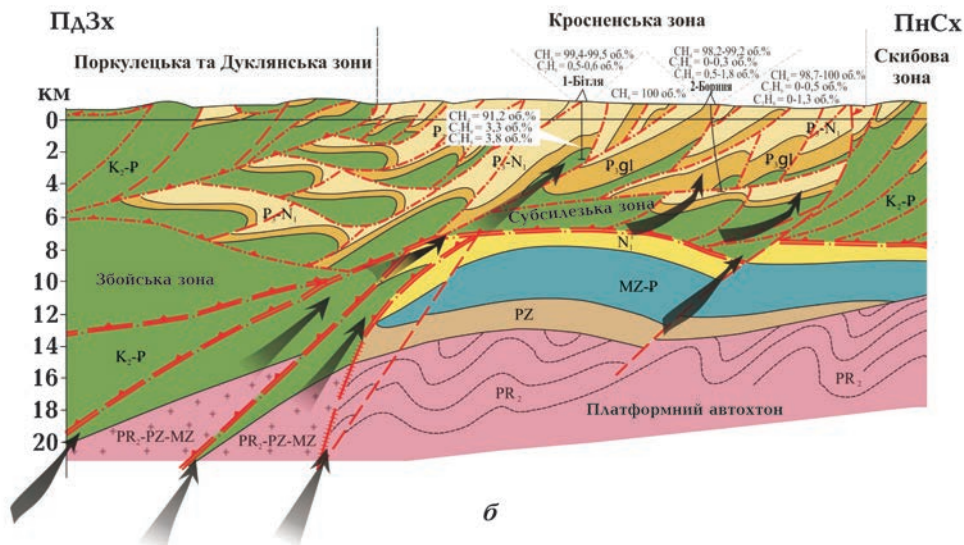
Рис. 2. Принципова схема глибинного мінерало- і нафтидогенезу (синтезу вуглеводнів і мінералів) у системі магма—літосфера в межах розломних зон літосфери Землі у літофлюїдотермодинамічній системі абіогенного високотемпературного (високотермобарного) глибинного флюїду [Наумко, 2019]. Основні чинники: а — додаткове потужне адиабатичне стиснення складових флюїду; б — утворення тектонічних мікро- і макротріщин та розмаїтих субмікродефектів у породах; в — виникнення високовольтного електромагнітного поля; г — поява окисно-відновного реакційного середовища в розломі-трубці; д — синтез вуглеводнів і утворення нафтогазових родовищ (покладів); е — формування прожилково-вкрапленої мінералізації з процесами цементації. Стрілками показано напрямок міграції абіогенного високо-температурного (високотермобарного) глибинного флюїду в розломних зонах літосфери Землі.

Fig. 2. Schematic diagram of deep-seated mineral and naphthidogenesis (synthesis of hydrocarbons and minerals) in the system magma—lithosphere within the fault zones of the Earth's lithosphere in the lithofluid and thermodynamic system of abiogenic high-temperature (high-thermobaric) deep-seated fluid [Naumko, 2019]. Main factors: a — additional powerful adiabatic compression of the components of the fluid; б — formation of tectonic micro- and macrocracks and various submicrodefects in rocks; в — the emergence of high-voltage electromagnetic field; г — the appearance of redox reaction medium in the fault-tube; д — synthesis of hydrocarbons and formation of oil and gas fields (deposits); e — formation of veinlet-disseminated mineralization with cementation processes. The arrows show the direction of migration of abiogenic high-temperature (high-thermobaric) deep-seated fluid in the fault zones of the Earth's lithosphere.





а



б

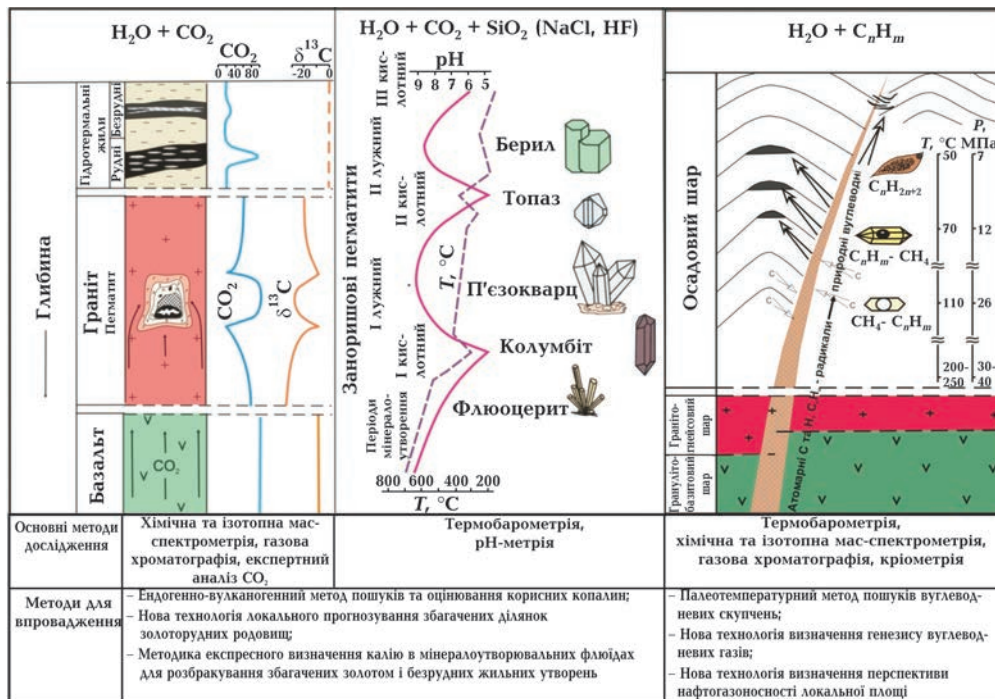


Рис. 3. Фрагмент спряжених процесів міграції за участю вуглеводневих флюїдів і локалізації вуглеводнів та формування прожилково-вкрапленої мінералізації у насувно-піднасувних структурах Складчастих Карпат: *a* — у межах нафтогазоносних комплексів Лопушнянського нафтового і Гринявського газового родовищ (складено за даними [Naumko et al., 1999; Naumko et al., 2007а, б]); *б* — у північно-західній частині Кросненської зони [Занкович, 2016]. Регіональний геологічний розріз через Карпати по лінії Велика Добронь—Буськ наведено за даними УкрДГРІ (1994) [Атлас ..., 1998].

Fig. 3. Fragment of conjuncting processes of the migration with the participation of hydrocarbon fluids and localization of hydrocarbons, and formation of veinlet-disseminated mineralization in thrust-slipped structures of the Folded Carpathians: *a* — within the oil and gas complexes of the Lopushna oil field and Hrynyava gas field (compiled according to data [Naumko et al., 1999; Naumko et al., 2007а, б]); *б* — in the north-western part of the Krosno zone [Zankovych, 2016]. The regional geological section through the Carpathians along the line Velyka Dobron—Busk is given according to UkrSGRI (1994) [Atlas ..., 1998].

←

тету в Кельні (Німеччина), які відтворили у лабораторних умовах процес синтезу вуглеводнів за взаємодії вільного вуглецю чи  $\text{CO}_2$  з водою при 500—800 °С на дефектах кристалічної структури  $\text{MgO}$ , що супроводжується виділенням вільного кисню. Цей процес пояснює механізм використання  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$  як джерел вуглецю і водню під час вуглеводнегенезу.

Отже, відтворення ендегенних процесів за флюїдними включеннями у мінералах основних і ультраосновних порід, що кристалізувалися на значних глибинах у межах як низів земної кори, так і у верхній мантії, тобто мають глибинне походження, доводить визначальний вплив, з одного боку,  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ , з іншого — вуглеводнів як на процеси мінералогенезу (і кристалізацію діаманта, зокрема), так і на синтез вуглеводневих складових нафти і газу. Це ще раз засвідчує, що нижні частини літосфери Землі зазнають інтенсивної дії флюїдів, збагачених вуглецевистими сполуками, і перебіг процесів мінералонафтидогенезу в астеносфері, нижніх частинах літосфери і власне земній корі визначається сполуками вуглецю у висхідних глибинних флюїдних потоках. Панівні за умов астеносфери високі тиск і температура сприяють утворенню і збереженню у флюїдах як  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  — вихідних речовин-донаторів хімічних елементів С і Н для синтезу вуглеводнів, так і

вже сформованих вуглеводнів, насамперед  $\text{CH}_4$  та його гомологів, тобто формуванню та існуванню в астеносфері мантії Землі відповідних нафтоподібних систем.

Подальша міграція і акумуляція вуглеводневих флюїдів приводить до утворення родовищ нафти і газу у земній корі. Саме за включеннями у мінералах відтворено параметри міграційних процесів і створено принципові схеми міграції вуглеводневих флюїдів [Наумко, 2006] у флюїдопровідних розломних зонах підвищеної проникності [Павлюк, Наумко, 2009]; виявлено спряженість міграційних процесів за участю вуглеводневих флюїдів і прожилково-вкрапленого мінералогенезу у системах залікованих тріщин, з одного боку, з формуванням покладів вуглеводнів, з іншого — із захопленням вуглеводневих сполук у включення-дефекти у мінералах прожилків і вкрапель (рис. 3) [Наумко та ін., 2007а, б; Занкович, 2016] за умов абіогенного високотемпературного (високотермобарного) глибинного флюїду, внесок якого у мінералоутворювальні флюїди, як і метеорних вод, зафіксовано на ізотопному рівні [Лукин и др., 2008; Наумко та ін., 2011б, 2015; Naumko et al., 2011]; доведено подібність і певною мірою успадкованість складу включень у мінералах з прожилків та легких компонентів природних газів і газів пластових вод в околі покладів нафти

←

Рис. 4. Модель еволюції глибинних флюїдів за включеннями у мінералах (за даними [Наумко, 2006] з деталізацією [Наумко, 2011, 2017; Наумко та ін., 2016]).

Fig. 4. Model of evolution of deep-seated fluids according to fluid inclusions (according to data [Naumko, 2006] with detailing [Naumko, 2011, 2017; Naumko et al., 2016]).

і газу [Наумко та ін., 2007б]; встановлено, що характер поширення і загальний (сумарний) склад летких компонентів є важливим показником генезису і масштабності нафтогазових і рудних родовищ [Наумко, 2006]. Ці підходи, що спираються на дослідження таких дефектів кристалічної структури мінералів, як флюїдні вклучення, складають основу нових нетрадиційних геотехнологій пошуків горючих копалин, зокрема, визначення генезису вуглеводневих газів і перспективи нафтогазоносності локальної площі [Наумко, Сворень, 2014].

При формуванні прожилкової мінералізації наявними і новоствореними вертикальними (субвертикальними) каналами у нафтогазопровідних розривних порушеннях глибинного закладення мігрували вуглеводневі флюїди, зокрема, з важчими, ніж метан, вуглеводнями.

До прикладу, в межах Белз-Милятинської зони насувів у Львівському палеозойському прогині, у відкладах девону якого відкрито Великомоствівське газове родовище, у складі летких компонентів у первинних вклученнях у кварці із жильних утворень у породах карбону домінують вуглеводні, % (об'ємна частка): метан 50—55; етан і пропан <10 (решта: азот 25—30, водень 8—10, CO<sub>2</sub> 3—5) за внутрішнього тиску 100 ат (10 МПа) при 21 °С, 130 ат (13 МПа) при 61 °С [Калюжный и др., 1975]. Надалі мігрувальні вуглеводневі флюїди, втрачаючи леткі сполуки, трансформувалися у нафтоподібні суміші з паралельною деструкцією їхньої частини, формуванням бітумоподібних рідин і твердих бітумів у приповерхневих умовах (елементи часової еволюції і вертикальної зональності) [Калюжный и др., 1975; Наумко, Калюжный, 2001; Зінчук і ін., 2003; Наумко, 2006]. Закономірні зміни складу і *PT*-параметрів вуглеводневмісного гідротермального флюїду у межах південно-західного схилу Українських Карпат розкрито за вклученнями у «мармароських діамантах» із гідротермальних жил: у часі — від метановодного (240—200 °С, 300—50 МПа) до нафтометановодного (170—80 °С, 50 МПа); у просторі (за максимальними значеннями) — від 210—

225 °С і 80—100 МПа на південному сході до 230—240 °С і 300 МПа на північному заході [Kalyuzhnyi, 1993; Калюжный, Сахно, 1998; Наумко та ін., 2004]. Особливістю цих специфічних кристалів кварцу є те, що під час їхньої кристалізації *PT*-параметри вуглеводне(метано)водних флюїдів становили від 230—240 до 75—80 °С та від 420 до 40—60 МПа. За цими даними зроблено спробу прогнозного оцінювання для регіону [Марушкін, Дудок, 1991]. Важливими для перспектив нафтогазоносної області Складчастих Карпат є знахідки «мармароських діамантів» з вклученнями вуглеводнів у відкладах флішової формації Кросненської зони, зокрема у районі нової гілки Бескидського залізничного тунелю, в яких ідентифіковано вуглеводневі гази (метан і його гомологи ймовірно до C<sub>9</sub>) [Занкович, 2016; Наумко та ін., 2017]. В межах Українських Карпат запропоновано принципові схеми міграційних процесів за участю вуглеводневих флюїдів у перспективно нафтогазоносних комплексах насувно-піднасувних структур [Naumko et al., 1999; Наумко та ін., 2007а, б] північно-західної частини Мармароського масиву [Naumko et al., 2009; Наумко та ін., 2009, 2011а; Наумко, Бондар, 2011], Лютнянської структури у північно-західній частині зони Кросно [Наумко и др., 2014; Занкович, 2016].

Температури гомогенізації вклучень досягають 200 °С за максимальної збереженості вуглеводневих сполук нафти і газу в осадовому шарі земної кори. Вуглеводні мігрували у гетерогенному вуглеводневому флюїді з високими термобаричними параметрами і відновними властивостями, що сприяло, з одного боку, формуванню за відповідних геодинамічних умов і наявності порід-колекторів їхніх родовищ (покладів), з іншого — розвитку вторинної пористості внаслідок процесів вилуговування і перекристалізації та формування прожилково-вкрапленої мінералізації із захопленням цих вуглеводневих флюїдів у дефекти-вклучення у кристалах мінералів і закриті пори порід. У гомогенний стан система переходить за значно вищих температурі і тиску при досягненні між водою

і вуглеводнями повної змішаності [Чекалюк, Филяс, 1977; Пентелей, 2011].

Узагальнені дані вивчення флюїдних включень у мінералах глибинного походження [Наумко, 2006; Наумко та ін., 2008], геохімічні, петрологічні й термодинамічні матеріали [Наумко, 2006; Павлюк, 2014] чітко вказують на потужні дегазаційні процеси [Наумко, Калюжний, 1996], що розпочинаються у межах глибинних геосфер Землі й інтенсифікуються у земній корі. При цьому залежно від співвідношення окиснених і відновлених сполук у них виділяють діоксидвуглецево-водну і вуглеводне(метано)водну гілки глибинної дегазації [Кадик, 1986]. Дві гілки флюїдних вуглецевистих еманцій виявлено і в осадовій оболонці земної кори [Наумко і ін., 2007б]. З діоксидвуглецево-метано(вуглеводне)-водними флюїдами пов'язують як деякі генетичні типи золоторудної мінералізації, так і вуглеводневі скупчення [Калюжний и др., 1987; Svoren' et al., 1999; Наумко, Калюжний, 2001; Сворень, Наумко, 2005; Наумко, 2006]. До формування нафтогазових чи рудних покладів приводить поділ літофлюїдотермодинамічної системи абіогенного високотемпературного (високотермобарного) глибинного флюїду полікомпонентного складу [Наумко, 2019] на вуглеводневмісну (вуглеводнегенерувальну) і (або) металоносну (мінералоутворювальну) гілки (див. рис. 2) із синтезом вуглеводнів у відновній зоні цієї системи та з утворенням мінералів — в оксидній. Звернемо також увагу на наявність літофлюїдотермодинамічних систем і в осадовій оболонці, зокрема, за літогенетичних, геохімічних і термодинамічних умов формування покладів «сланцевого газу» [Naumko et al., 2017; Nryhorchuk et al., 2018].

Оригінальні дані комплексного прецизійного дослідження флюїдних включень, їхнє зіставлення з літературними джерелами, узагальнення і аналіз підтвердили висновок про те, «... что термобарогеохимические исследования эндогенных процессов в определенной степени свидетельствуют о том, что формирование нефти и газа могло происходить при высоких тем-

пературах и давлениях астеносферы мантии Земли» [Доленко, 1986] з летких компонентів астеносферного шару [Доленко, 1988]. Вони склали основу для обґрунтування і створення моделі еволюції глибинних флюїдів (за включеннями у мінералах) [Наумко, 2006] та її вдосконалення у фундаментальному плані [Наумко, 2011, 2017; Наумко та ін., 2016] (рис. 4, см. с. 80) як підґрунтя мінералофлюїдологічної моделі Землі. Отримані результати дали змогу підтвердити, що лише сполуки  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  можуть бути донаторами хімічних елементів Н і С для мінерального синтезу вуглеводнів в умовах астеносфери мантиї Землі [Чекалюк, 1971, 1980; Доленко, 1986, 1990]. Глибинні вуглеводні разом з коровими складовими (високомолекулярними складниками із захороненої органічної речовини вмісних порід) [Павлюк, 2014] за складних природних фізико-хімічних умов абіогенного високотемпературного (високотермобарного) глибинного флюїду [Наумко, Сворень, 2003; Сворень, Наумко, 2006; Наумко, 2006; Сворень, 2017] розкладалися на атомарні Карбон, Гідроген та  $\text{C}_n\text{H}_m$ -радикали, за хімічної взаємодії яких синтезувалася складна вуглеводнева суміш типу газу, нафти, бітумів тощо вуглеводнів абіогенно-біогенного походження [Сворень, Наумко, 2006], які в разі субвертикальної міграції глибинними розломними зонами та іншими порушеннями у земній корі за наявності сприятливих умов заповнювали пастки з формуванням покладів нафти і газу. Саме насиченість порід перспективно нафтогазових розрізів вторинною прожилковою мінералізацією, флюїдні включення у мінералах якої збагачені відновними компонентами, як безпосередня ознака природної вуглеводненасиченості надр визначає вуглеводневі перспективи регіону та передумову застосування нових нетрадиційних геотехнологій пошуків вуглеводневої сировини.

**Висновки.** 1. Стверджено, що перебіг і параметри природних процесів мінерало-нафтидогенезу у верхній мантиї і земній корі, пов'язаних з дефлюїдизацією літосфери, у більшості випадків не можуть бути однозначно відтворені без вивчення флюї-

їдних включень у мінералах як джерела емної генетичної інформації про синтез і генезис природних вуглеводнів, міграцію вуглеводневих флюїдів та їхню локалізацію у надрах Землі. Ідентифікація вуглеводневих сполук у включеннях флюїдів сприяє вирішенню як фундаментальних проблем, так і прикладних завдань нафтогазової геології і геохімії, насамперед походження вихідних речовин для мінерального синтезу вуглеводнів в астеносфері мантії Землі та складових нафти і газу.

2. Обґрунтовано вагомість даних стосовно геохімії і термобарометрії флюїдного середовища мінералонафтидогенезу для створення моделі еволюції глибинних флюїдів та її вдосконалення у фундаментальному плані як підґрунтя мінералофлюїдологічної моделі Землі. Вони чітко вказують на потужні дегазаційні процеси, що розпочинаються у межах глибинних геосфер Землі й інтенсифікуються у земній корі. За співвідношенням вмісту окиснених і відновлених сполук у висхідних флюїдах виділяють діоксидвуглецеводну і вуглеводне(метано)водну гілки глибинної дегазації. Власне з двома гілками флюїдних вуглецевистих еманцій в осадовій оболонці пов'язують як деякі генетичні типи золоторудної мінералізації, так і вуглеводневі скупчення.

3. Акцентовано, що флюїди як закриті (флюїдні включення і закриті пори), так і відкриті (порожнини, тріщини, каверни) пористості порід та насичені ними тверді тіла утворюють системи з властивостями, що не вичерпуються ні окремо взятим флюїдом, ні вмісною породою. У комплексі це сприяє формуванню аномалій вуглеводневмісного середовища, які однозначно

фіксуються мінералофлюїдологічними методами, що створює підґрунтя для відтворення перебігу мінералорудонафтидоутворювальних процесів у літосфері Землі та отримання принципово нових результатів про закономірності локалізації і прогнозування корисних копалин, зокрема, щодо мінералого-геохімічних і термобаричних ореолів їхніх покладів.

4. Звідси випливає незаперечна значущість реліктових включень для нафтогазової геології як показника наявності вуглеводневих сполук у перспективно геологічних розрізах, тобто природної вуглеводненасиченості надр. Отже, можливе знаходження покладів вуглеводнів і встановлення передумов для розробки пошуково-оцінювальних критеріїв вуглеводневої сировини (за генетичними показниками) і, відповідно, нових нетрадиційних геотехнологій, що передбачають пошуки горючих копалин одночасно з розв'язанням проблеми генезису і синтезу вуглеводнів на атомно-молекулярному рівні, зафіксованому дефектами кристалічної структури мінералів.

5. Зазначене вище сприяє комплексному вирішенню таких завдань, як «... вивчення геохімії продуктів глибинної дегазації та флюїдного режиму літосфери (тектосфери); визначення джерел флюїдів і закономірностей їхньої геохімічної (мінерагенічної) спеціалізації у земній корі; відтворення динаміки мінералогенезу та умов просторово-часової локалізації корисних копалин; з'ясування походження природних вуглеводнів» [Наумко, 2006]. У цьому вбачається фундаментальність мінералофлюїдології як всесвітньо відомої галузі геологічних знань про флюїдні включення у мінералах.

### Список літератури

Атлас родовищ нафти і газу України. В 6 т. За заг. ред. М.М. Іванюти, В.О. Федішина, Б.І. Денеги, Ю.О. Арсірія, Я.Г. Лазарука. Львів: Центр Європи, 1998. 2354 с.

Братусь М.Д., Гигашвили Г.М., Бескровный Н.С. Условія формування плагіобазальтов

на примере продуктів извержения вулкана Штубеля (Камчатка). *Термобарогеохимия в геологии: Тез. VI Всесоюз. совещ. по термобарогеохимии*. Владивосток, 1978. Т. 1. С. 97—98.

Галимов Э.М. Геохимия стабильных изото-

- пов углерода. Москва: Недра, 1968. 226 с.
- Гринберг И.В. Геохимические и физико-химические основы глубинного синтеза углеводородов. *Происхождение нефти и газа и формирование их промышленных залежей*. Киев: Наук. думка, 1971. С. 52—69.
- Гулій В.М. Поля стабільності алмазу та петрологічні проблеми його походження. *Геолог України*. 2004. № 1. С. 25—32.
- Доленко Г.Н. Вопросы геохимии астеносферных углеводородных флюидов. В кн.: *Геохимия и термобарометрия эндогенных флюидов*. Киев: Наук. думка, 1988. С. 104—112.
- Доленко Г.Н. Геология и геохимия нефти и газа. Киев: Наук. думка, 1990. 256 с.
- Доленко Г.Н. Происхождение нефти и газа и нефтегазонакопление в земной коре. Киев: Наук. думка, 1986. 136 с.
- Доленко Г.Н., Чекалюк Э.Б., Гринберг И.В., Колодий В.В., Бойко Г.Ю., Стефаник Ю.В. Теория минерального происхождения нефти. *Происхождение нефти и газа, их миграция и закономерности образования и размещения нефтяных и газовых месторождений: Тез. докл. Респ. совещ. (Львов, апрель 1981 г.)*. Львов, 1981. Ч. 1. С. 4—7.
- Ермаков Н.П. Геохимические системы включений в минералах (включения минералообразующих сред — источник генетической информации). Москва: Недра, 1972. 376 с.
- Ермаков Н.П. Исследования минералообразующих растворов (температуры и агрегатное состояние). Харьков: Изд-во Харьков. гос. ун-та, 1950. 460 с.
- Ермаков Н.П., Долгов Ю.А. Термобарогеохимия. Москва: Недра, 1979. 271 с.
- Жовтуля Б.Д., Калюжный В.А., Ремешило Б.Г. Углеродсодержащие газы в основных и ультраосновных породах (по данным изучения флюидных включений в минералах). В кн.: *Теоретические вопросы нефтегазовой геологии*. Киев: Изд-во АН УССР, 1980. С. 65—73.
- Занкович Г.О. Геохімія флюїдів прожилково-вкрапленої мінералізації перспективно нафтогазоносних комплексів північно-західної частини Кросненської зони Українських Карпат: *Автореф. дис. ... канд. геол. наук*. Львів, 2016. 25 с.
- Зінчук І.М., Наумко І.М., Калюжний В.А., Сахно Б.Е. Леткі компоненти флюїдних включень у мінералах жильно-прожилкових утворень перспективно нафтогазоносних товщ Львівського палеозойського прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2003. № 2. С. 18—27.
- Кадик А.А. Фракционирование летучих компонентов при плавлении верхней мантии. *Геология и геофизика*. 1986. № 7. С. 70—73.
- Калюжний В.А., Сахно Б.Е. Перспективи прогнозування корисних копалин за типомофними ознаками флюїдних включень вуглеводнів та вуглець-діоксиду (Закарпатський прогин, Складчасті Карпати, Україна). *Геологія і геохімія горючих копалин*. 1998. № 3(104). С. 133—147.
- Калюжний В.А. Динамика минералогенеза на основе изучения минералообразующих флюидов (гранитные занорышевые пегматиты и рудоносные гидротермалиты Украины): *Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук*. Киев, 1979. 48 с.
- Калюжний В.А. Основы учения о минералообразующих флюидах. Киев: Наук. думка, 1982. 240 с.
- Калюжний В.А. Современное состояние проблемы «Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по включениям в минералах)». В кн.: *Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах)*. Киев: Наук. думка, 1978. С. 3—16.
- Калюжний В.А. Состав и генезис летучих компонентов флюидных включений в минералах основных и ультраосновных пород. *Происхождение нефти и газа, их миграция и закономерности образования и размещения нефтяных и газовых месторождений: Тез. докл. Респ. совещ. (Львов, апрель 1981 г.)*. Ч. 1. *Теоретические вопросы нефтегазовой геологии*. Львов, 1981. С. 56—57.
- Калюжний В.А., Вынар О.Н., Зинчук И.Н., Ковалишин З.И., Матвиенко А.Д. Геохимическая специализация эндогенных минерало-

- образующих флюидов и поисковые критерии на полезные ископаемые. *Минерал. сб. Львов. ун-та.* 1987. № 41. Вып. 2. С. 54—58.
- Калюжный В.А., Щепак В.М., Гигашвили Г.М., Сворень И.М., Маковская И.А. Использование гидрхимических ореолов и жидких включений в минералах для оценки нефтеазопроницаемости глубинных разломов. В кн.: *Закономерности образования и размещения промышленных месторождений нефти и газа.* Киев: Наук. думка, 1975. С. 269—272.
- Куровець І.М., Крупський Ю.З., Наумко І.М., Чепіль П.М., Шлапінський В.Є. Перспективи пошуків покладів вуглеводнів у відкладах олігоцену зони Кросно (Українські Карпати). *Геодинаміка.* 2011. № 2(11). С. 144—146.
- Леммлейн Г.Г. Дополнения по отечественной литературе о жидких включениях в минералах и о геологической термометрии. В кн.: *Геологическая термометрия по включениям в минералах.* Москва: Иностранлит, 1956. С. 123—168.
- Леммлейн Г.Г. Классификация жидких включений в минералах. *Зап. Всесоюз. минерал. об-ва.* 1959. Ч. 88. Вып. 2. С. 137—143.
- Лукин А.Е., Ладыженский Г.Н., Потера Ю. Изотопно-геохимические различия нефтей аллохтонных и автохтонных комплексов Предкарпатья (в границах польско-украинского сегмента). *Доп. НАН України.* 2008. № 11. С. 119—126.
- Мамчур Г.П., Сворень И.М., Калюжный В.А., Наумко И.М., Ярыныч О.А., Шнюков Е.Ф. Изотопный состав углерода свободной углекислоты из базальта дна Индийского океана. *Всесоюз. совещ. по геохимии углерода: Тез. докл. (Москва, 14—16 декабря 1981 г.).* Москва: Изд. ГЕОХИАН СССР, 1981. С. 234—235.
- Маракушев А.А., Безмен Н.И. Минералогическо-петрологические критерии рудоносности изверженных пород. Москва: Недра, 1992. 315 с.
- Марушкін О.І., Дудок І.В. Про можливе скупчення вуглеводнів під насувами Мармароського масиву Українських Карпат. *Доп. АН України.* 1991. № 11. С. 96—98.
- Матковський О., Наумко І., Павлунь М. Термобарогеохімічна школа професора Миколи Єрмакова та її внесок у розвиток генетичної мінералогії й учення про родовища корисних копалин. *Мінерал. зб.* 2017. № 67. Вип. 1. С. 3—37.
- Наумко И.М., Сворень И.М. О важности глубинного высокотемпературного флюида в создании условий для формирования месторождений природных углеводородов в земной коре. *Новые идеи в науках о Земле: Матер. VI Междунар. конф. (Москва, 8—12 апреля 2003 г.).* Москва, 2003. Т. 1. С. 249.
- Наумко І. Мінералофлюїдологія в Інституті геології і геохімії горючих копалин НАН України. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2011. № 1-2(154-155). С. 114—115.
- Наумко І. Внесок академіка Григорія Назаровича Доленка у розвиток термобарогеохімії—мінералофлюїдології в Інституті геології і геохімії горючих копалин. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2017. № 1(170-171). С. 120—121.
- Наумко І. Про літофлюїдотермодинамічну систему в геології і геохімії. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2019. № 2(179). С. 28—36.
- Наумко І., Белецька Ю., Мачальський Д., Сахно Б., Телепко Л. Про особливості флюїдів постседиментогенного мінералогенезу осадових товщ у межах Лопушнянського нафтового родовища (Українські Карпати). *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2007 а. № 2. С. 66—82.
- Наумко І., Бондар Р. Геохімічні передумови вуглеводнегенезу у метаморфічних комплексах Мармароського масиву (за флюїдними включеннями у мінералах). *Вісник Київ. ун-ту. Сер. Геол.* 2011. № 55. С. 38—41.
- Наумко І., Бондар Р., Сворень Й., Сахно Б., Нечепуренко О. Про особливості газової складової флюїдів метаморфогенно-метасоматичного мінералогенезу породно-рудних комплексів північно-західної частини Мармароського масиву (за даними вивчення включень у мінералах). *Мінерал. зб.* 2009. № 59. Вип. 2. С. 84—94.
- Наумко І., Братусь М., Дудок І., Калюжный В., Ковалишин З., Сахно Б., Сворень Й., Телепко Л. Флюїдний режим катагенно-гідротермального процесу періоду формування жиль-

- ної, прожилкової і прожилково-вкрапленої мінералізації в осадових товщах. В кн.: *Карпатська нафтогазоносна провінція*. Львів—Київ: ТОВ «Український видавничий центр», 2004. С. 308—345.
- Наумко І., Калюжний В., Братусь М., Зінчук І., Ковалишин З., Матвієнко О., Редько Л., Сворень Й. Учення про мінералотвірні флюїди: пріоритетні завдання розвитку на сучасному етапі. *Мінерал. зб.* 2000. № 50. Вип. 2. С. 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. 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*. 2007б. № 4. С. 63—94.
- Наумко І., Сворень Й. Нові технології пошуків корисних копалин, основані на дослідженнях флюїдних включень у мінералах. *Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии: Сб. тез. Междунар. науч. конф. (Киев, 1—2 июля 2014 г.)*. Київ: Інтерсервіс, 2014. С. 23—25.
- 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., Бекеша С.М., Сворень Й.М. Флюїди глибинних горизонтів літосфери: зв'язок з родовищами нафти і газу у земній корі (за даними вивчення включень у мінералах глибинного походження). *Доп. НАН України*. 2008. № 8. С. 117—120.
- Наумко І.М., Бондар Р.А., Сахно Б.Е. Про генезис високометаморфізованих вуглистих утворень північно-західної частини Мармароського масиву (за даними вивчення флюїдних включень у мінералах). *Доп. НАН України*. 2011а. № 1. С. 113—117.
- Наумко І.М., Загнітко В.М., Белецька Ю.А. Ізотопний склад вуглецю й кисню кальциту прожилків та вмещаючих порід у межах Лопушнянського нафтового родовища (Українські Карпати). *Доп. НАН України*. 2011б. № 2. С. 100—115.
- Наумко І.М., Занкович Г.О., Куземко Я.Д., Дяків В.О., Сахно Б.Е. Вуглеводневі гази флюїдних включень у «мармароських діамантах» з жил у відкладах флішової формації району нового Бескидського тунелю (Кросненська зона Українських Карпат). *Доп. НАН України*. 2017. № 10. С. 70—77.
- Наумко І.М., Калюжний В.А. Питання флюїдного режиму і дегазації Землі у наукових поглядах М.П. Семененка. *Мінерал. журн.* 1996. Т. 18. № 2. С. 39—45.
- Наумко І.М., Калюжний В.А. Підсумки та перспективи досліджень термобарометрії і геохімії палеофлюїдів літосфери (за включеннями у мінералах). *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2001. № 2. С. 162—175.
- Наумко І.М., Куровець І.М., Куровець С.С., Сахно Б.Е., Чепусенко П.С. Леткі компоненти флюїдних включень у мінералах і закритих пор порід перспективно сланцевогазоносних комплексів палеозою Волино-Поділля. *Доп. НАН України*. 2013. № 11. С. 116—123.
- Наумко І.М., Павлюк М.І., Сворень Й.М., Зубик М.І. Гази вугільних родовищ: нове вирішення проблеми синтезу—генезису метану. *Доп. НАН України*. 2016. № 3. С. 61—68.
- Наумко І.М., Пономаренко О.М., Занкович Г.О., Мороз В.С., Проскурко Л.І. Ізотопний склад карбону і кисню кальциту прожилково-вкрапленої мінералізації породних комплексів північно-західної частини Кросненської зони Українських Карпат. *Доп. НАН України*. 2015. № 4. С. 88—94.
- Павлишин В.І. Основи кристалохімії мінералів: Навч. посібник. Київ: ВЦ «Київський університет», 1998. 320 с.
- Павлюк М.І. Геодинамічна еволюція та нафтогазоносність Азово-Чорноморського і Баренцевоморського периконтинентальних шельфів. Львів: ТзОВ «ПРОМАН», 2014. 365 с.
- Павлюк М.І. Геотектонічна еволюція і нафтогазоносний потенціал України (стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 5 липня 2017 р.). *Вісник НАН України*. 2017. № 9. С. 11—21.
- Павлюк М.І., Наумко І.М. Флюїдопровідні роз-



- ломні зони як показник міграційних процесів у вуглепородних масивах і нафтогазоносних верствах та їхня фіксація термобарично-геохімічними методами. *Наук. праці УкрНДМІ*. 2009. № 5. Ч. II. С. 114—121.
- Павлюк М., Наумко І., Макітра Р., Брик Д. Про ймовірну модель утворення природних вуглеводнів у літосфері Землі. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2012. № 1-2(158-159). С. 110—116.
- Пентелей С.В. Визуалізація *in situ* поведінки і фазових состояний водно-углеводородних флюїдів при підвищених і високих температурах і тисках: *Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук*. Москва, 2011. 26 с.
- Рагозин А.Л., Шацкий В.С. Минералогия и вопросы генезиса округлых алмазов из россыпей северо-востока Сибирской платформы. *Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века*. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. С. 245—249.
- Сворень Й.М. Явище утворення природних вуглеметанів під дією абіогенного високо-термобарного глибинного флюїду. *Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи: Матер. II Міжнар. наук. конф. (Київ, 6—8 вересня 2017 р.)*. Київ: ІГН НАН України, 2017. С. 225—229.
- Сворень Й.М., Наумко І.М. Надра Землі — природний фізико-хімічний реактор. *Доп. НАН України*. 2009. № 9. С. 138—143.
- Сворень Й.М., Наумко І.М. Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм. *Доп. НАН України*. 2006. № 2. С. 111—116.
- Сворень Й.М., Наумко І.М. Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій — природний феномен літосфери Землі. *Доп. НАН України*. 2005. № 2. С. 109—113.
- Смит Ф.Г. Геологическая термометрия по включениям в минералах. Москва: Иностранлит, 1956. 122 с.
- Смит Ф.Г. Физическая геохимия. Москва: Недра, 1968. 474 с.
- Сокол А.Г., Пальянов Ю.Н., Пальянова Г.А., Томиленко А.А. Кристаллизация алмаза во флюидных и карбонатно-флюидных системах при мантийных *P*-, *T*-параметрах. Часть 1. Состав флюида. *Геохимия*. 2004. № 9. С. 949—958.
- Сокол А.Г., Пальянов Ю.Н. Кристаллизация алмаза во флюидных и карбонатно-флюидных системах при мантийных *P*-, *T*-параметрах. Часть 2. Особенности процессов алмазообразования (аналитический обзор экспериментальных данных). *Геохимия*. 2004. № 11. С. 1157—1172.
- Томиленко А.А., Чепуров А.И., Пальянов Ю.Н., Похиленко Л.Н., Шебанин А.П. Летучие компоненты в верхней мантии (по данным изучения флюидных включений). *Геология и геофизика*. 1997. Т. 38. № 1. С. 276—285.
- Томиленко А.А., Рагозин А.Л., Шацкий В.С., Шебанин А.П. Вариации состава флюидной фазы в процессе кристаллизации природных алмазов. *Докл. РАН*. 2001. Т. 378. № 6. С. 802—805.
- Чекалюк Э.Б. Проблема генезиса нефти с позиций геотермодинамики. В кн.: *Теоретические вопросы нефтегазовой геологии*. Киев: Наук. думка, 1980. С. 13—20.
- Чекалюк Э.Б. Термодинамические основы теории минерального происхождения нефти. Киев: Наук. думка, 1971. 256 с.
- Чекалюк Э.Б., Филяс Ю.И. Водонефтяные растворы. Киев: Наук. думка, 1977. 128 с.
- Шнюков Е.Ф., Калюжный В.А., Щирица А.С., Телепко Л.Ф., Круглов А.С., Сворень И.М., Алауи Г.Г. Газовые флюиды контактовых базальтов дна Индийского океана (по реликтовым включениям). *Докл. АН СССР*. 1987. Т. 297, № 6. С. 1457—1460.
- Bratus', M.D., Davidenko, M.M., Zinchuk, I.M., Kalyuzhnyi, V.A., Matvienko, O.D., Naumko, I.M., Pirozhik, N.E., Red'ko, L.R., Svorень', Yo.M. (1994). Fluid regime in mineral formation in lithosphere (in relation to prognosis in prospecting for economic deposits). In *Fluid inclusion research* (Vol. 27, pp. 173—174). Proc. of COFFI. USA.
- Giardini, A.A., Charles, E., & Mitchell, R.S. (1982). The nature of the upper 400 km of

- the Earth and its potential as the source for nonbiogenic petroleum. *Journal of Petroleum Geology*, 5(?), 173—190. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1982.tb00504.x>
- Haggerty, S.E. (1986). Diamond genesis in a multiply constrained model. *Nature*, 320(6057), 34—38. <https://doi.org/10.1038/320034a0>.
- Hryhorchuk, K., Hnidets, V., & Balandiuk, L. (2018). Lithogenetic aspects of oil and systems formation in the Volyno-Podolia Sylurian deposits. *Geodynamics*, (2), 37—48. <https://doi.org/10.23939/jgd2018.02.037>.
- Kalyuzhnyi, V.A. (1993). The peculiarities of the evolution of hydrothermal fluids  $H_2O + CH_4 + C_nH_m$  as a medium of the rock—crystal («Marmarosh diamonds») crystallization from the Ukrainian Carpathians. *Archiwum mineralogiczne. A Journal of Geochemistry, Mineralogy and Petrology*, XLIX(1), 109—110.
- Melton, C.E., & Giardini, A.A. (1975). Experimental results and theoretical interpretation of gaseous inclusions found in Arkansas natural diamonds. *American Mineralogist*, 60(5-6), 413—417.
- Melton, C.E., & Giardini, A.A. (1974). The composition and significance of gas released natural diamonds from Africa and Brazil. *American Mineralogist*, 59(7-8), 775—782.
- Melton, C.E., & Giardini, A.A. (1981). The nature and significance of occluded fluids in three Indian diamonds. *American Mineralogist*, 66(7-8), 746—750.
- Naumko, I., & Svoren', Yu. (2010). Abiogenic-biogenic bases of the genesis and synthesis of natural hydrocarbons in the Earth's lithosphere (by fluid inclusions research). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(11), A747.
- Naumko, I., Bondar, R., & Sakhno, B. (2009). Metamorphic fluids: Comparison of volatile (Marmarosh massif, Ukrainian Carpathians and Zermatt region, Swiss Alps). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73(13), A932.
- Naumko, I., Zagnitko, V., & Belets'ka, Yu. (2011). The isotopic composition of carbon and oxygen in calcite of veinlets and host rocks within the limits of the Kokhanivka oil field (Carpathian Foredeep, Ukraine). *Mineralogical Magazine*, 75(3), 1526.
- Naumko, I.M., Kovalyshyn, Z.I., Svoren', J.M., Sakhno, B.E., Telepko, L.F. (1999). Towards forming conditions of veinlet mineralization in sedimentary oil-and-gas-bearing layers of Carpathian region (obtained by data of fluid inclusions research). *Геологія і геохімія горючих копалин*, (3), 83—91.
- Naumko, I.M., Kurovets', I.M., Zubyk, M.I., Batsevych, N.V., Sakhno, B.E., & Chepusenko, P.S. (2017). Hydrocarbon compounds and plausible mechanism of gas generation in «shale» gas prospective Silurian deposits of Lviv Paleozoic depression. *Geodynamics*, (1), 26—41.
- Roedder, E. (1984). *Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy*. Virginia: Mineralogical Society of America, Vol. 12. 644 p.
- Roedder, E. (1965). Liquid  $CO_2$  inclusions in olivine-bearing nodules and phenocrysts from basalts. *American Mineralogist*, 50(10), 1746—1782.
- 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. *The scientific principles of forecasting, exploration and evaluation of gold deposits: Mater. Int. of Sci. Conf.* (pp. 120—121). Lviv: Ivan Franko Higher Education Center.

# Mineral-fluidology and synthesis and genesis of natural hydrocarbons in the Earth's bowels

*I.M. Naumko, 2020*

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals,  
National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

Possibilities of fundamental science on fluid inclusions are discussed — the knowledge on mineral-forming environments (fluids) (thermobarogeochemistry—mineral-fluidology—fluid inclusions) in the reconstruction of fluid environment of the mineral and petroleum genesis in the Earth's bowels. It is shown that in its naturally preserved relics-inclusions in minerals really reflect the processes of synthesis and genesis of natural hydrocarbons, migration of hydrocarbon fluids and their localization in oil-and-gas fields. Such phenomena, first of all, include occlusion of volatile mantle compounds — H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, etc. by inclusions in minerals of submantle (mantle) genesis (mainly in diamonds) as «hydrocarbons and hydrocarbon-forming (petroleum and petroleum-forming) constituents». The analysis performed indicates that in minerals of the basic and ultrabasic rocks exactly carbon dioxide and hydrocarbons are a typomorphic sign of defects-inclusions. The predominance of deep-seated high-density CO<sub>2</sub> in inclusions in olivine from nodules in basalt of Hawaii Island and Sudety (Poland) and from the bottom of the Indian Ocean determines the carbon dioxide nature of degassing in the asthenosphere and lower reaches of the lithosphere. This confirms the most important postulate of the geological-geochemical model of deep petroleum genesis that only compounds such as H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> can be donors of Hydrogen and Carbon for the synthesis of hydrocarbons. From the materials of fluid inclusions research in deep minerals it follows that there are prerequisites for the formation of petroleum similar systems at high temperatures and pressures in the asthenosphere of the mantle of the Earth and their migration in the Earth's crust. Original authors experiences on this issue are realized in the new theory of synthesis and genesis of natural hydrocarbons: abiogenic-biogenic dualism, and a new model of mineral-naphthid genesis as well as a model of the evolution of deep fluids (by fluid inclusions) as a basis for the mineral-fluidological model of the Earth. This allowed us to justify the scheme of deep mineral-naphthid-genesis (synthesis of hydrocarbons and minerals) in the magma—lithosphere system in fault zones of the lithosphere in the environment of abiogenic high-termobaraic deep-seated fluid as one of the variants of the concept of polygenesis of natural hydrocarbons, suggest the schemes of migration processes in fluid-conducting fracturing zones and prove the conjugation of the migration processes of hydrocarbon fluids and formation of veinlet-impregnated mineralization: on the one hand, the formation of hydrocarbon deposits, on the other, the capture of hydrocarbon compounds in defect-sinclusions in minerals of veinlets. Thus, the identification of hydrocarbons in fluid inclusions helps to decide the fundamental problems of the origin of source substances for the mineral synthesis of hydrocarbons in the asthenosphere of the Earth's mantle as well as applied problems for the development of search and evaluation criteria for hydrocarbon raw materials (by genetic indicators), and, accordingly, new unconventional geotechnologies, which involves the search for combustible fossils simultaneously with the solution of the problem of synthesis and genesis of hydrocarbons at the atomic-molecular level fixed defects of the crystalline structure of minerals.

**Key words:** thermobarogeochemistry, mineral-fluidology, fluid inclusions, minerals, fluids, hydrocarbons, oil-and-gas.

## References

- Ivanyuta, M.M., Fedyshyn, V.O., Deneha, B.I., Arsirii, Yu.O., & Lazaruk, Ya.H. (Eds.). (1998). *Atlas of oil and gas fields of Ukraine*. In 6 vol. Lviv: Tsentr Evropy, 2354 p. (in Ukrainian).
- Bratus', M.D, Gigashvili, G.M, & Beskrovnyi, N.S. (1978). Conditions for the plagiobasalts formation on the example of products of the eruption of Shtubelia volcano (Kamchatka). *Ther-*

- moborogeochemistry in Geology: Abstracts of the VI All-Union meeting on the thermobarogeochemistry* (Vol. 1, pp. 97—98). Vladivostok (in Russian).
- Galimov, E.M. (1968). *Geochemistry of stable carbon isotopes*. Moscow: Nedra, 226 p. (in Russian).
- Grinberg, Yo.V. (1971). Geochemical and physical and chemical principles of the deep hydrocarbons synthesis. In *The origin of oil-and-gas and the formation of their industrial reserves* (pp. 52—69). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Huliy, V.M. (2004). Fields of diamond stability and petrological problems of its origin. *Heoloh Ukrayiny*, (1), 25—32 (in Ukrainian).
- Dolenko, G.N. (1988). Topics of geochemistry of asthenospheric hydrocarbon fluids. In *Geochemistry and Thermobarometry of Endogenous Fluids* (pp. 104—112). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Dolenko, G.N. (1990). *Geology and geochemistry of oil-and-gas*. Kiev: Naukova Dumka, 256 p. (in Russian).
- Dolenko, G.N. (1986). *The origin of oil-and-gas and oil-and-gas accumulation in the Earth's crust*. Kiev: Naukova Dumka, 136 p. (in Russian).
- Dolenko, G.N., Chekalyuk, E.B., Grinberg, Yo.V., Kolodiy, V.V, Boyko, G.Yu., & Stefanik, Yu.V. (1981). The theory of mineral origin of oil. *Origin of oil-and-gas, their migration and patterns of formation and accommodation of oil-and-gas fields: Abstracts of the Republic meeting (Lviv, April 1981)*, Lviv, Part 1, 4—7 (in Russian).
- Ermakov, N.P. (1972). *Geochemical systems of inclusions in minerals (inclusions of mineral-forming media — a source of genetic information)*. Moscow: Nedra, 376 p. (in Russian).
- Ermakov, N.P. (1950). *Studies of mineral-forming solutions (temperatures and aggregate state)*. Kharkov: Publishing House of A.M. Gor'kiy Kharkov State University, 460 p. (in Russian).
- Ermakov, N.P., & Dolgov, Yu.A. (1979). *Thermobarogeochemistry*. Moscow: Nedra, 271 p. (in Russian).
- Zhovtulya, B.D., Kalyuzhnyi, V.A., & Remeshi-  
lo, B.H. (1980). Carbon-containing gases in basic and ultrabasic rocks (according by fluid inclusions research). *Theoretical topics of oil-and-gas geology*. Kiev: Publ. House of the UkrSSR Academy of Sciences, 65—73 (in Russian).
- Zankovych, H.O. (2016). *Geochemistry of fluids of veinlet-impregnated mineralization of promising oil-and-gas-bearing complexes of the north-western part of the Krosno zone of Ukrainian Carpathians: Extended abstract of candidate's thesis*. Lviv, 25 p. (in Ukrainian).
- Zinchuk, I.M., Naumko, I.M., Kalyuzhnyi, V.A., & Sakhno, B.E. (2003). The volatile components of fluid inclusions in minerals of vein-veinlet formations of perspective oil-and-gas-bearing strata of Lviv Paleozoic depression. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (2), 18—27 (in Ukrainian).
- Kadik, A.A. (1986). Fractionation of volatile components during melting of the upper mantle. *Geologiya i geofizika*, (7), 70—73 (in Russian).
- Kalyuzhnyi, V.A., & Sakhno, B.E. (1998). Typomorphic signs of fluid inclusions of hydrocarbons and carbon dioxide in order to discover useful minerals (Trans-Carpathian depression, Folded Carpathians, Ukraine). *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (3), 133—147 (in Ukrainian).
- Kalyuzhnyi, V. A. (1979). *Dynamics of mineralogenesis based on the study of mineral-forming fluids (granitic chamber pegmatites and ore-bearing hydrothermalites of Ukraine): Extended abstract of Doctor's thesis*. Kiev, 48 p. (in Russian).
- Kalyuzhnyi, V.A. (1982). *Principles of the knowledge on mineral-forming fluids*. Kiev: Naukova Dumka, 240 p. (in Russian).
- Kalyuzhnyi, V.A. (1978). Current state of the problem «Carbon and its compounds in endogenous processes of mineral formation (on inclusions in minerals)». In *Carbon and its compounds in endogenous processes of mineral formation (according by fluid inclusions research)* (pp. 3—16). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Kalyuzhnyi, V.A. (1981). Composition and genesis of volatile components of fluid inclusions of basic and ultrabasic rocks. *Origin of oil-and-gas, their migration and patterns of formation*

- and location of oil-and-gas fields: Abstracts of the Republic meeting (Lviv, April 1981) (Part 1, pp. 56—57). Lviv (in Russian).
- Kalyuzhnyy, V.A., Vynar, O.N., Zinchuk, I.N., Kovalishin, Z.I., & Matviyenko, A.D. (1987). Geochemical specialization of endogenous mineral-forming fluids and prospecting criteria for useful minerals. *Mineralogicheskii sbornik L'vovskogo universiteta*, (41), 54—58 (in Russian).
- Kalyuzhnyy, V.A., Shchepak, V.M., Gigashvili, G.M., Svoren', Yo.M., & Makovskaya, I.A. (1975). The use of hydrochemical halos and liquid inclusions in minerals to estimate of the oil-and-gas conductivity of deep faults. In *Patterns of formation and accommodation of industrial oil-and-gas fields* (pp. 269—272). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Kurovets', I.M., Krups'kyi, Yu.Z., Naumko, I.M., Chepil', P.M., & Shlapins'kyi, V.Ye. (2011). Prospects of the prospecting of hydrocarbons deposits in oligocene sediments of the Krosno zone (Ukrainian Carpathians). *Geodynamika*, (2), 144—146 (in Ukrainian).
- Lemmlein, G.G. (1956). Supplements on the domestic literature on liquid inclusions in minerals and on the geological thermometry. In *Geological thermometry on inclusions in minerals* (pp. 123—168). Moscow: Inostrlit (in Russian).
- Lemmlein, G.G. (1959). Classification of liquid inclusions in minerals. *Zapiski Vsesoyuznogo mineralogicheskogo obshchestva*, (2), 137—143 (in Russian).
- Lukin, A.E., Ladyzhenskiy, G.N., Potera, Yu. (2008). Isotope and geochemical differences of oil of allochthonous and autochthonous complexes of the Precarpathian region (within the boundaries of the Polish-Ukrainian segment). *Dopovidi NAN Ukrainy*, (11), 119—126 (in Russian).
- Mamchur, G.P., Svoren', Yo.M., Kalyuzhnyi, V.A., Naumko, I.M., Yarynych, O.A., & Shnyukov, Ye.F. (1981). The isotopic composition of carbon of free carbon dioxide from the basaltic of the Indian Ocean floor. *All-Union meeting on Carbon Geochemistry: Abst. (Moscow, December 14—16, 1981)* (pp. 234—235). Moscow: GEOKHI, USSR Academy of Sciences (in Russian).
- Marakushev, A.A., & Bezmen, N.I. (1992). *Mineralogical and petrological criteria of ore content of igneous rocks*. Moscow: Nedra, 315 p. (in Russian).
- Marushkin, O.I., & Dudok, I.V. (1991). On the possible accumulation of hydrocarbons under the thrusts of the Marmarosh Massif of the Ukrainian Carpathians. *Dopovidi NAN Ukrainy*, (11), 96—98 (in Ukrainian).
- Matkovs'kyi, O., Naumko, I., & Pavlun', M. (2017). The thermobarogeochemical school of Professor Mykola Yermakov and its contribution to the development of genetic mineralogy and the knowledge of mineral fields. *Mineralohichnyy zbirnyk*, (67), 3—37 (in Ukrainian).
- Naumko, I. M., Svoren', Yo. M. (2003). On the importance of deep high-temperature fluid in the creation of conditions for the formation of natural hydrocarbons in the Earth's crust. *New Ideas in Earth Sciences: Mater. of VI Intern. Conf. (Moscow, April 8—12, 2003)* (Vol. 1, P. 249). Moscow (in Russian).
- Naumko, I. (2011). Mineralofluidology at the Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (1-2), 114—115 (in Ukrainian).
- Naumko, I. (2017). Contribution of Academician Hryhorii Nazarovych Dolenko to the development of thermobarogeochemistry — mineralofluidology at the Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (1-2), 120—121 (in Ukrainian).
- Naumko, I. (2019). On the lithofluid and thermodynamic system in geology and geochemistry. *Geology & Geochemistry of Combustible Minerals*, No. 2(179), 28—36 (in Ukrainian).
- Naumko, I., Belets'ka, Yu., Machals'kyi, D., Sakhno, B., & Telepko, L. (2007a). On the peculiarities of fluids of postsedimentogenous mineralogenesis of the sedimentary strata within the limits of the Lopushna oil field (Ukrainian Carpathians). *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (2), 66—82 (in Ukrainian).
- Naumko, I., & Bondar, R. (2011). Geochemical prerequisites of hydrocarbon genesis in metamorphic complexes of the Marmarić

- massif (by fluid inclusions in minerals). *Visnyk Kyivsk'oho universytetu. Ser. Heolohichna*, (55), 38—41 (in Ukrainian).
- Naumko, I., Bondar, R., Svoren', Yo., Sakhno, B., & Nechepurenko, O. (2009). On the peculiarities of the gas component of the fluids of the metamorphogenic-metasomatic mineralogenesis of the rock-ore complexes of the north-western part of the Marmarosh massif (according to fluid inclusions research). *Mineralohichnyy zbirnyk*, (59), 84—94 (in Ukrainian).
- Naumko, I., Bratus', M., Dudok, I., Kalyuzhnyi, V., Kovalyshyn, Z., Sakhno, B., Svoren', Yo., & Telepko, L. (2004). Fluid regime of catagenic-hydrothermal process of the period of formation of vein, veinlet and veinlet-impregnated mineralization in the sedimentary strata. In *Carpathian petroliferous province* (pp. 308—345). Lviv—Kyiv: LLC «Ukrainian Publishing Center» (in Ukrainian).
- Naumko, I., Kalyuzhnyi, V., Bratus', M., Zinchuk, I., Kovalyshyn, Z., Matviyenko, O., Red'ko, L., & Svoren', Yo. (2000). The knowledge on mineral-forming fluids: priority tasks of development at the present stage. *Mineralohichnyy zbirnyk*, (50), 22—30 (in Ukrainian).
- Naumko, I., Kalyuzhnyi, V., Svoren', Yo., Zinchuk, I., Bekesha, S., Red'ko, L., Sakhno, B., Druchok, L., Telepko, L., Belets'ka, Yu., Matviishyn, Z., Sava, N., Bondar, R., & Stepanyuk, V. (2007b). Fluids of postsedimentogenic processes within sedimentary and sedimentary-volcanogenic strata of the south-western margin of the East European platform and adjoining geosstructures (by inclusions in minerals). *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (4), 63—94 (in Ukrainian).
- Naumko, I., & Svoren', Yo. (2014). New technologies of mineral prospecting based on fluid inclusions research. *Actual problems of search and ecological geochemistry: A collection of abstracts of International Scientific Conf. (Kyiv, July 1—2, 2014)* (pp. 23—25). Kiev: Interservice (in Ukrainian).
- Naumko, I.M. (2006). *Fluid regime of mineral genesis of the rock-ore complexes of Ukraine (based on inclusions in minerals of typical parageneses): Extended abstract of Doctor's thesis*. Lviv, 52 p. (in Ukrainian).
- Naumko, I. M., Bekesha, S. M., Svoren', Yo. M. (2008). Fluids of depth horizons of lithosphere: connection with oil-and-gas deposits in the Earth's crust (by data of inclusion research of deep-seated origin). *Dopovidi NAN Ukrainy*, (8), 117—120 (in Ukrainian).
- Naumko, I.M., Bondar, R.A., & Sakhno, B.E. (2011a). On the genesis of high-grade metamorphized carbonaceous formations of the north-western part of the Marmarosh massif (according to data of fluid inclusion research). *Dopovidi NAN Ukrainy*, (1), 113—117 (in Ukrainian).
- Naumko, I.M., Zagnitko, V.M., & Belets'ka, Yu.A. (2011b). Isotopic composition of carbon and oxygen of the calcite of veinlets and host rocks within the Lopushna oil field (Ukrainian Carpathians). *Dopovidi NAN Ukrainy*, (2), 100—115 (in Ukrainian).
- Naumko, I.M., Zankovych, H.O., Kuzemko, Ya.D., Dyakiv, V.A., & Sakhno, B.E. (2017). Hydrocarbon gases of fluid inclusions in «marmarosh diamonds» from veins in the flysch formation of the area of the new Beskyd tunnel (Krosno zone of Ukrainian Carpathians). *Dopovidi NAN Ukrainy*, (10), 70—77 (in Ukrainian).
- Naumko, I.M., & Kalyuzhnyi, V.A. (1996). Problems of fluid regime and degassing of the Earth in the scientific views of M.P. Semenenko. *Mineralohichnyy zhurnal*, 18(2), 39—45 (in Ukrainian).
- Naumko, I.M., & Kalyuzhnyi, V.A. (2001). Results and prospects of studies of thermobarometry and geochemistry of paleofluids of the lithosphere (by inclusions in minerals). *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (2), 162—175 (in Ukrainian).
- Naumko, I.M., Kurovets, I.M., Kurovets, S.S., Sakhno, B.E., & Chepusenko, P.S. (2013). Volatile of fluid inclusions and closed pores of rocks in promising for shale gas Paleozoic complexes of the Volyn-Podillya. *Dopovidi NAN Ukrainy*, (11), 116—123 (in Ukrainian).
- Naumko, I.M., Pavlyuk, M.I., Svoren', Yo.M., & Zubyk, M.I. (2016). Gases of coal fields: a new solution of the problem of synthesis—genesis of methane. *Dopovidi NAN Ukrainy*, (3), 61—68 (in Ukrainian).
- Naumko, I. M., Ponomarenko, O. M., Zanko-

- vych, H.O., Moroz, V.S., & Proskurko, L.I. (2015). Isotopic composition of carbonate and oxygen of the calcite of veinlet-impregnated mineralization of rock complexes of the north-western part of the Krosno zone of Ukrainian Carpathians. *Dopovidi NAN Ukrayiny*, (4), 88—94 (in Ukrainian).
- Pavlyshyn, V.I. (1998). *Principles of Crystal Chemistry of Minerals*. Educ. manual. Kiev: Publ. Centre «Kyiv University», 320 p. (in Ukrainian).
- Pavlyuk, M.I. (2014). *Geodynamic evolution and oil-and-gas-bearing potential of the Sea of Azov—the Black Sea and of the Barents Sea pericontinental shelves*. Lviv: Proman Ltd, 365 p. (in Ukrainian).
- Pavlyuk, M.I. (2017). Geotectonic evolution and oil-and-gas potential of Ukraine (transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine on July 5, 2017). *Visnyk NAN Ukrayiny*, (9), 11—21 (in Ukrainian).
- Pavlyuk, M.I., & Naumko, I.M. (2009). Fluid-conducting fault zones as an indicator of migration processes in coal-rock massifs and oil-and-gas strata and their fixation by thermobaric-geochemical methods. *Naukovi pratsi UkrNDMI*, (5), 114—121 (in Ukrainian).
- Pavlyuk, M., Naumko, I., Makitra, P, Bryk, D. (2012). On the probable model of natural hydrocarbons formation in the Earth's lithosphere. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*, (1-2), 110—116 (in Ukrainian).
- Penteley, S.V. (2011). *Visualization of in situ behavior and phase states of hydrocarbon fluids at elevated and high temperatures and pressures: Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow, 26 p. (in Russian).
- Ragozin, A.L., Shatskiy, V.S. (2003). Mineralogy and topics of the genesis of round diamonds from the placers of the north-east Siberian platform. In *Problems of forecasting, exploration and exploration of mineral deposits at the threshold of the 21st century* (pp. 245—249). Voronezh: Publ. House of VSU, (in Russian).
- Svoren', Yo.M. (2017). The phenomenon of natural coal-methane formation under the influence of abiogenic high-thermobaric deep fluid. *Geology of fossil fuels: achievements and prospects: Proc. of the Second International Sci. Conf. (Kyiv, September 6—8, 2017)* (pp. 225—229). Kyiv: IGN NAS of Ukraine (in Ukrainian).
- Svoren', Yo.M., & Naumko, I.M. (2009). Earth's bowels — a natural physical and chemical reactor. *Dopov. Nac. acad. nauk Ukr.*, No. 9, 138—143 (in Ukrainian).
- Svoren', Yo.M., Naumko, I.M. (2006). The new theory of synthesis and genesis of natural hydrocarbons: abiogenic-biogenic dualism. *Dopovidi NAN Ukrayiny*, (2), 111—116 (in Ukrainian).
- Svoren', Yo.M., Naumko, I.M. (2005). Thermobarometry and geochemistry of gases of the veinlet-impregnated mineralization in deposits of oil-and-gas areas and metallogenic provinces — a natural phenomenon of the Earth's lithosphere. *Dopovidi NAN Ukrayiny*, (2), 109—113 (in Ukrainian).
- Smith, F.G. (1956). *Geological thermometry on inclusions in minerals*. Moscow: Inostrlit, 122p. (in Russian).
- Smith, F.G. (1968). *Physical Geochemistry*. Moscow: Nedra, 474 p. (in Russian).
- Sokol, A.G., Palyanov, Yu.N., Palyanova, G.A., & Tomilenko, A.A. (2004). Crystallization of diamond in fluid and carbonate-fluid systems at mantle P, T parameters. Part 1. Fluid composition. *Geokhimiya*, (9), 949—958 (in Russian).
- Sokol, A.G., & Palyanov, Yu.N. (2004). Crystallization of diamond in fluid and carbonate-fluid systems at mantle P, T parameters. Part 2. Features of diamond formation processes (analytical review of experimental data). *Geokhimiya*, (11), 1157—1172 (in Russian).
- Tomilenko, A.A., Chepurov, A.I., Palyanov, Yu.N., Pokhilenko, L.N., & Shebanin, A.P. (1997). Volatile components in the upper mantle (according by fluid inclusions research). *Geologiya i geofizika*, 38(1), 276—285 (in Russian).
- Tomilenko, A.A., Ragozin, A.L., Shatskiy, V.S., & Shebanin, A.P. (2001). Variations of fluid phase composition in the process of crystallization of natural diamonds. *Doklady RAN*, 378(6), 802—805 (in Russian).
- Chekalyuk, E.B. (1980). The problem of the genesis of oil from the standpoint of geothermodynamics. In *Theoretical questions of oil-*

- and-gas geology* (pp. 13—20). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Chekalyuk, E.B. (1971). *Thermodynamic principles of the theory of mineral origin of oil*. Kiev: Naukova Dumka, 256 p. (in Russian).
- Chekalyuk, E.B., & Philyas, Yu.H. (1977). *Water-petroleum solutions*. Kiev: Naukova Dumka, 128 p. (in Russian).
- Shnyukov, E.F., Kalyuzhnyi, V.A., Shchiritsa, A.S., Telepko, L.F., Kruglov, A.S., Svoren', Yo.M., & Alau, G.G. (1987). Gas fluids of contact basalts of the Indian Ocean floor (by relict inclusions). *Doklady AN SSSR*, 297(6), 1457—1460 (in Russian).
- Bratus', M.D., Davidenko, M.M., Zinchuk, I.M., Kalyuzhnyi, V.A., Matvienko, O.D., Naumko, I.M., Pirozhik, H.E., Red'ko, L.R., Svoren', Yo.M. (1994). Fluid regime in mineral formation in lithosphere (in relation to prognosis in prospecting for economic deposits). In *Fluid inclusion research* (Vol. 27, pp. 173—174). Proc. of COFFI. USA.
- Giardini, A.A., Charles, E., & Mitchell, R.S. (1982). The nature of the upper 400 km of the Earth and its potential as the source for nonbiogenic petroleum. *Journal of Petroleum Geology*, 5, 173—190. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1982.tb00504.x>
- Haggerty, S.E. (1986). Diamond genesis in a multiply constrained model. *Nature*, 320(6057), 34—38. <https://doi.org/10.1038/320034a0>.
- Hryhorchuk, K., Hnidets, V., & Balandiuk, L. (2018). Lithogenetic aspects of oil and systems formation in the Volyno-Podolia Sylurian deposits. *Geodynamics*, (2), 37—48. <https://doi.org/10.23939/jgd2018.02.037>.
- Kalyuzhnyi, V.A. (1993). The peculiarities of the evolution of hydrothermal fluids  $H_2O + CH_4 + C_nH_m$  as a medium of the rock—crystal («Marmarosh diamonds») crystallization from the Ukrainian Carpathians. *Archiwum mineralogiczne. A Journal of Geochemistry, Mineralogy and Petrology*, XLIX(1), 109—110.
- Melton, C.E., & Giardini, A.A. (1975). Experimental results and theoretical interpretation of gaseous inclusions found in Arkansas natural diamonds. *American Mineralogist*, 60(5-6), 413—417.
- Melton, C.E., & Giardini, A.A. (1974). The composition and significance of gas released natural diamonds from Africa and Brazil. *American Mineralogist*, 59(7-8), 775—782.
- Melton, C.E., & Giardini, A.A. (1981). The nature and significance of occluded fluids in three Indian diamonds. *American Mineralogist*, 66(7-8), 746—750.
- Naumko, I., & Svoren', Yo. (2010). Abiogenic-biogenic bases of the genesis and synthesis of natural hydrocarbons in the Earth's lithosphere (by fluid inclusions research). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(11), A747.
- Naumko, I., Bondar, R., & Sakhno, B. (2009). Metamorphic fluids: Comparison of volatile (Marmarosh massif, Ukrainian Carpathians and Zermatt region, Swiss Alps). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73(13), A932.
- Naumko, I., Zagnitko, V., & Belets'ka, Yu. (2011). The isotopic composition of carbon and oxygen in calcite of veinlets and host rocks within the limits of the Kokhanivka oil field (Carpathian Foredeep, Ukraine). *Mineralogical Magazine*, 75(3), 1526.
- Naumko, I.M., Kovalyshyn, Z.I., Svoren', J.M., Sakhno, B.E., Telepko, L.F. (1999). Towards forming conditions of veinlet mineralization in sedimentary oil-and-gas-bearing layers of Carpathian region (obtained by data of fluid inclusions research). *Геологія і геохімія горючих копалин*, (3), 83—91.
- Naumko, I.M., Kurovets', I.M., Zubyk, M.I., Batsevych, N.V., Sakhno, B.E., & Chepusenko, P.S. (2017). Hydrocarbon compounds and plausible mechanism of gas generation in «shale» gas prospective Silurian deposits of Lviv Paleozoic depression. *Geodynamics*, (1), 26—41.
- Roedder, E. (1984). *Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy*. Virginia: Mineralogical Society of America, Vol. 12. 644 p.
- Roedder, E. (1965). Liquid  $CO_2$  inclusions in olive-bearing nodules and phenocrysts from basalts. *American Mineralogist*, 50(10), 1746—1782.
- 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. *The scientific principles of forecasting, exploration and evaluation of gold deposits: Mater. Int. of Sci. Conf.* (pp. 120—121). Lviv: Ivan Franko Higher Education Center.



# Минералофлюидология и синтез и генезис природных углеводородов в недрах Земли

І. М. Наушко, 2020

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины,  
Львов, Украина

Обсуждены возможности учения о минералообразующих средах (флюидах) (термобарогеохимии—минералофлюидологии—газово-жидких включений) в реконструкции флюидной среды минералонафтидогенеза в недрах Земли. Показано, что в ее природно сохранных реликтах-включениях в минералах реально отображены процессы синтеза и генезиса природных углеводородов, миграции углеводородных флюидов и их локализации в месторождениях нефти и газа. К таким явлениям, прежде всего, отнесена абсорбция летучих соединений мантии ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$  и других) включений в минералах субмантийного (мантийного) генезиса (главным образом, в алмазе) в качестве «hydrocarbons and hydrocarbon-forming (petroleum and petroleum-forming) constituents». Рассмотрен вопрос о том, что в минералах основных и ультраосновных пород именно наличие диоксида углерода и углеводородов является типоморфным признаком дефектов-включений. Преобладание глубинного  $CO_2$  высокой плотности во включениях в оливине из нодулей в базальтах о-ва Гавайи и Судет (Польша) и со дна Индийского океана предопределяет диоксидауглеродный характер дегазации в астеносфере и низах литосферы. Это подтверждает наиболее важный постулат геолого-геохимической модели глубинного нафтидогенеза — только такие соединения, как  $H_2O$  и  $CO_2$ , могут служить донаторами Гидрогена и Карбона для синтеза углеводородов. Из материалов исследований включений флюидов в глубинных минералах вытекает наличие предпосылок для формирования нефтеподобных систем при высоких температуре и давлении в астеносфере мантии Земли и их миграции в земной коре. Оригинальные авторские наработки в этом вопросе реализованы в новой теории синтеза и генезиса природных углеводородов: абиогенно-биогенный дуализм, и новой модели минералонафтидогенеза, а также модели эволюции глубинных флюидов (по включениям в минералах) — основе минералофлюидологической модели Земли. Это позволило обосновать схему глубинного минералонафтидогенеза (синтеза углеводородов и минералов) в системе магма—литосфера в разломных зонах литосферы в среде абиогенного высокотермобарного глубинного флюида в качестве одного из вариантов концепции полигенеза природных углеводородов. Предложена схема миграционных процессов во флюидопроводимых разломных зонах и доказана сопряженность процессов миграции углеводородных флюидов и образования прожилково-вкрапленной минерализации: с одной стороны, формирование залежей углеводородов, с другой — захват углеводородных соединений в дефекты-включения в минералах прожилков. Таким образом, идентификация углеводородов во флюидных включениях способствует решению как фундаментальных проблем происхождения исходных веществ для минерального синтеза углеводородов в астеносфере мантии Земли, так и прикладных задач по разработке поисково-оценочных критериев углеводородного сырья (по генетическим показателям). Соответственно, в новых нетрадиционных геотехнологиях, предусматривается поиск горючих ископаемых одновременно с решением проблемы синтеза и генезиса углеводородов на атомно-молекулярном уровне, зафиксированном дефектами кристаллической структуры минералов.

**Ключевые слова:** термобарогеохимия, минералофлюидология, газово-жидкие включения, минералы, флюиды, углеводороды, нефть и газ.