

І. М. Наумко, член-кореспондент НАН України М. І. Павлюк,
Й. М. Сворень, М. І. Зубик

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів

E-mail: naumko@ukr.net

Гази вугільних родовищ: нове вирішення проблеми синтезу–генезису метану

На засадах нової теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів — “абіогенно-біогенний дуалізм” — та нової фізико-хімічної моделі глибинного мінерало- і нафтидогенезу в літосфері Землі обґрунтовано переважно абіогенно-біогенне дуалістичне походження метану вугільних родовищ. Позаяк у надрах Землі — високоенергетичному природному фізико-хімічному реакторі — синтез метану разом з іншими вуглеводнями в середовищі глибинного високотемпературного флюїду за участю абіогенно-біогенних джерел відбувається адиабатично в різні геологічні періоди, тобто в геологічному літочисленні безмежно (!), є всі підстави стверджувати наявність сталого практично невичерпного їхнього джерела. Цим спростовано концепцію суто біогенного походження метану вугільних пластів і вуглевмісних порід, яка апріорі заперечує можливість поновлення його ресурсів.

Ключові слова: гази, вугільні родовища, синтез, генезис, природні вуглеводні, метан, абіогенно-біогенний дуалізм, літосфера Землі.

Фундаментальна проблема синтезу і генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі безпосередньо торкається й походження метану вугільних родовищ, зокрема біогенних чи абіогенних чинників його формування, осадового чи глибинного джерела вихідних речовин і провідних процесів метаноутворення (метаногенерації). Водночас вона має важливе практичне значення, оскільки визначає підходи до оцінки ресурсів метану як потужного додаткового джерела вуглеводнів у контексті стабілізації паливно-енергетичного комплексу України [1].

Домінує точка зору [2], що метан у вугіллі утворився з органічних решток осадових верств у процесах метаморфізму (вуглефікації) і перетворення занурених органічних речовин. Згідно з цим положенням, внаслідок біохімічного перетворення органічних речовин на стадії діагенезу синтезується власне біогенний метан, а при інтенсифікації їхніх структурних змін під час термокаталітичних процесів на стадії катагенезу — термобаричний (термогенний) метан (за ймовірними механізмами [3, 4]).

Підхід до метану вугільних пластів і вмісних порід як до утворення лише біогенного походження апріорі передбачає, що газовугільні родовища невдовзі будуть вичерпані, а з ними й біогенний метан: адже при такому розумінні вони належать до практично не відновлюваних джерел, бо за геологічний час майже вся біогенна частина вугільних газів (понад 90% [5]) продифундувала–промігрувала на денну поверхню.

Нині вже можна однозначно говорити про безумовний зв'язок вугільного метану з глибинними абіогенними процесами його синтезу в літосфері Землі і важливу роль глибинних

вуглеводневмісних джерел у поповненні газових родовищ, тим паче, що отримано докази як швидкої генерації вуглеводнів та геологічно відповідного формування покладів нафти і газу, так і їхнього поповнення–природного відновлення у процесі розробки [6].

Далі обгрунтовано перебіг процесів синтезу і генезису метану вугільних родовищ, виходячи з абіогенно-біогенних основ, які розвиваються нами.

Як показує аналіз теоретичних і експериментальних результатів, проблема походження метану вугільних родовищ може бути вирішена на атомно-молекулярному рівні. Власне отримання нових знань про синтез і генезис природних вуглеводнів та закономірності їхнього розподілу в земній корі є необхідним для вибору і обгрунтування оптимальних параметрів комплексного освоєння газувугільних родовищ України та інших країн на основі потокових технологій буріння свердловин [1].

Наші оригінальні підходи щодо можливих фізико-хімічних моделей синтезу і генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі та формування родовищ нафти і газу зреалізовано в новій теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів — “абіогенно-біогенний дуалізм” — та новій моделі мінерало- і нафтидогенезу [7, 8].

Синтез вуглеводнів з атомарних водню, вуглецю і C_nH_m -радикалів, подальша міграція вуглеводневої складової у часі і просторі та її локалізація в пастках з формуванням гігантських та унікальних родовищ нафти і газу забезпечується в середовищі глибинного високотемпературного флюїду полікомпонентного складу. Цей мігрувальний флюїд проникає в розломну зону земної кори, що виникає в окремих ділянках літосфери Землі під впливом потужного імпульсу тектоногенної енергії [9]. У його середовищі під впливом високих значень температури і тиску при адіабатичному стисненні усі водне- і вуглецевмісні та інші сполуки як складники власне цього флюїду (вуглеводневмісні суміші первинних флюїдних потоків), так і ті речовини, що всмоктуються в порожнину із вмісних порід при адіабатичному розширенні (високомолекулярні складники із занурених органічних речовин вмісних порід), розпадаються до іонів, радикалів і атомів. Після сортування в електричному полі, внаслідок спаду температури і стабілізації складної фізико-хімічної ситуації, ці частинки взаємодіють, синтезуючи у відновній області вуглеводні абіогенно-біогенного походження.

Глибинний високотемпературний флюїд є джерелом потужної енергії та достатніх обсягів вихідних речовин для синтезу вуглеводнів під впливом таких природних фізико-хімічних явищ [7, 8]: адіабатичний процес, утворення тектонічних мікро- і макротріщин та різних субмікродефектів, виникнення високовольтного електромагнітного поля, створення окисно-відновного середовища, синтез вуглеводнів, формування прожилково-вкрапленої мінералізації з процесами цементації як безпосередніх показників флюїдопереносу речовини і механізмів заліковування мігрувальних тріщин (рис. 1).

З цього випливає дуалістична — абіогенно-біогенна — природа вугільного метану з перевагою абіогенної частки [7, 8], а також невідома раніше властивість абіогенного метановмісного високотемпературного флюїду розкладати органічні рештки по вугільному ряду з утворенням газувугільних пластів [10], особливо на ділянках вуглепородного масиву, порушених глибинними розломами.

Метан синтезувався за механізмом: $C + H \rightarrow CH + H \rightarrow CH_2 + H \rightarrow CH_3 + H \rightarrow CH_4$. Водночас за наявності CaO , CO_2 і пари води утворюється “вапняне молоко”, яке, завдяки цим сполукам з низьким коефіцієнтом внутрішнього тертя, мігрує на значні відстані і герметично заліковує найрізноманітніші за геометрією і розмірами порожнини пустотного простору: пори, каверни, мікро- і макротріщини, карбонатами, які своїми дефектами захоплюють і саме карбонатуотворювальне середовище разом з CH_4 . Через найменший діаметр

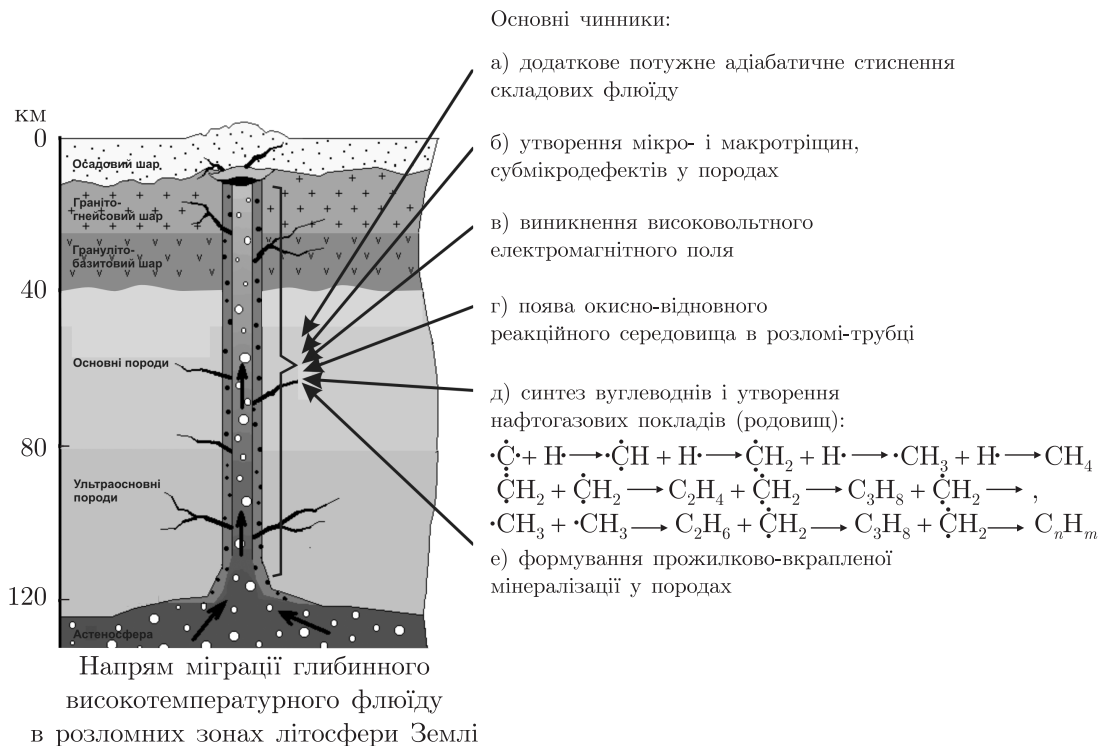


Рис. 1. Принципова схема глибинного мінерало- і нафтидогенезу (синтезу вуглеводнів і мінералів) у системі “магма — літосфера” у межах розломних зон літосфери Землі в середовищі глибинного високотемпературного флюїду [7, 8]

молекули та слабковиражені сорбційні властивості, порівняно з іншими вуглеводнями, метан проникає у дефектні породи найінтенсивніше і пронизує їх на значні відстані. Фактично метан мігрує разом з мінеральним складником і парою води у формі $Ca(OH)_2 \cdot CH_4$.

При адіабатичному проникненні метановмісного флюїду — суміші метану з водою і “вапняним молоком” (CH_4 , $Ca(OH)_2$, CO_2 , H_2O) з температурою близько $580^\circ C$ в область знаходження органічних решток (майбутній пласт вугілля марок піснубато-спікльиве, пісне, напівантрацитове) вони піддавались однобічному потужному фізико-хімічному впливу, і початкова температура цієї суміші стрибкоподібно зросла до $700\text{--}800^\circ C$. Через тривалий час нагріву ці органічні рештки зазнали дії температури, значно вищої за температуру гомогенізації включень флюїду в новоутворених мінералах. За таких умов вони розклалися на вуглець і леткі сполуки: CO_2 , H_2O , C_nH_m , N_2 , H_2 , H_2S , SO_2 тощо, які на початковій стадії нагріву залишили область майбутнього пласта до моменту формування вугілля та ущільнення і мінералізації навколишніх контактних порід. Тому релікти флюїду зберігаються або оклюдовані вугіллям у герметично добре замінералізованому з покрівлі вугільному пласті, або у вільному стані, капсульовані у дефекти — флюїдні включення і закриті пори новоутворених мінералів і порід (там вони повинні перебувати під аномально високим тиском, що і підтверджують термодинамічні розрахунки [11]).

Отже, формування вугільних пластів з органічних решток під впливом та за участю глибинного високотемпературного флюїду проходить з одночасним заліковуванням і цементацією порових порожнин і дефектів у мінералах вуглепородних масивів, утворенням прожилково-вкрапленої мінералізації та їхнім метанонасиченням. Цим і зумовлюється збі-

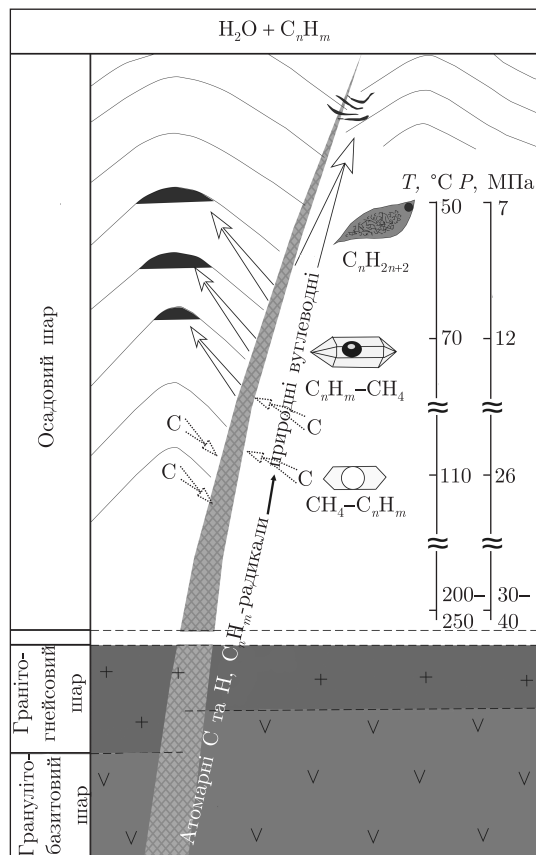


Рис. 2. Принципова схема міграційних процесів у флюїдопровідних розломних зонах підвищеної проникності гірських порід у вуглеподонних масивах за участю вуглеводнів, синтезованих у середовищі глибинного високотемпературного флюїду (на прикладі жильних утворень Белз-Милятинської зони насувів у межах Львівського палеозойського прогину [15]) (на основі рисунка з праці [8] з деталізацією)

жність у регіональному масштабі зон розвитку вугілля марок піснувато-спіктиве, пісне, напівантрацитове з розривними порушеннями регіональних насувів, якими мігрували глибинні метановмісні флюїди, зокрема, у Донбасі — з Донецько-Кадіївським субмеридіональним і Глибокинським (Північнодонецьким) субширотним регіональними насувами. Оскільки метан у складі глибинного високотемпературного флюїду надходив глибинним розломом, його концентрація в напрямі до розлому має зростати і в підсумку пов'язуватися з можливим газовим (метановим) покладом (родовищем), сформованим за участю абіогенно-біогенних джерел [7]. Водночас у зближенні положень неорганічної та осадово-міграційної гіпотез походження нафти і газу розглядаємо й варіант змішаного органічно-мінерального синтезу вуглеводнів (“подвійний генезис”) [12].

Позаяк у надрах Землі — високоенергетичному природному фізико-хімічному реакторі [13] — синтез метану, в числі інших вуглеводневих сполук, відбувається адіабатично і дискретно протягом різних геологічних періодів, є всі підстави стверджувати наявність сталого практично невичерпного їхнього джерела. Поповнення ресурсів метану у вуглеподонних масивах газувугільних родовищ здійснюється завдяки його міграції в складі глибинних вуглеводневмісних флюїдів потужними флюїдопровідними розломними зонами [14] за принциповою схемою, побудованою за даними [15] (рис. 2).

Як уже зазначалося, за тривалий геологічний час (понад 300 млн років) практично весь метан біогенного походження ($\approx 90\%$), утворений при повільному опусканні басейну шляхом метаморфізму (вуглефікації) органічних решток осадових верств та перетворення захоронених органічних речовин у вугілля (процес метаноутворення), зазнав дифузії–міграції у складі мігрувальних флюїдів у вищезалеглі вмисні верстви, а з них — і на денну поверхню. Цьому сприяла висока міграційна здатність даного газу, зумовлена малим діаметром, слабковираженими сорбційними властивостями, низьким коефіцієнтом внутрішнього тертя і високою кінетичною енергією молекул (порівняно з іншими вуглеводнями), що посилювалася внаслідок проявів інтенсивної інверсної тектоніки.

Водночас такий значний відтік утвореного метану лише частково міг компенсуватися за рахунок газів, генерованих органічною речовиною на сучасному (післяінверсійному) етапі чи в ході газодинамічних явищ (процес метаногенерації), завдяки наявності таких джерел енергії, як тектоно-сейсмічні рухи, а також процеси у вуглепородному масиві, викликані техногенним впливом [5].

За таких передумов постійне поповнення і збереження ресурсів метану в надрах шляхом формування нових чи поновлення наявних покладів можливе лише за рахунок вуглеводнів глибинних джерел. Цей процес інтенсифікується таким природним чинником, як гідродинамічний удар (наприклад, трансформація сейсмічного поштовху в гідравлічний удар, у розумінні В. П. Лінецького (1974)) у зоні втілення глибинного високотемпературного флюїду і відповідного припливу глибинного газу абіогенно-біогенного походження [8].

Наведені факти спростовують твердження про винятково біогенне походження метану вугільних родовищ як продукту перетворення захоронених органічних решток осадових верств і, корегуючи та доповнюючи ці традиційні погляди, обґрунтовують безпосередній зв'язок метану з глибинними абіогенними процесами, що сприяють міграції флюїдів і генеруванню вуглеводнів, зокрема й інтенсифікації метаногенерації, на дуалістичних, абіогенно-біогенних, засадах.

Наші підходи до синтезу і генезису метану газувугільних родовищ принципово відрізняються від нині панівних теорій: абіогенної (магматично-неорганічної), що передбачає міграцію готових (синтезованих) вуглеводнів з мантії Землі у пастки — породи-колектори (М. Кудрявцев, П. Кропоткін, В. Порфир'єв, Г. Доленко, Е. Чекалюк, Й. Грінберг, Г. Бойко, Ю. Стефанік), осадово-неорганічної — приплив у породи ювенільного водню та його взаємодія з седиментогенним вуглецем (І. Чебаненко), органічної (осадово-міграційної) — формування вуглеводнів у вигляді первинної нафти (протонафти, мікронафти) у нафтоматеринському шарі чи пласті-генераторі водню і пласті-носієві вихідного (нафтоматеринського) вуглецю (М. Вассоєвич, О. Трофімук). Є помітні відмінності і від інших теорій (гіпотез) походження природних вуглеводнів — “рециклінгу” (Х. Хедберг, О. Ушаков, В. Федінський, О. Сорохтін), “геолого-геохімічної” (Г. Доленко), “гібридної” (Л. Анісімов), “геодинамічної” (“мікст-генетичної”, “полігенної” (В. Гаврилов)), “геосинергетичної концепції природних вуглеводнево-генерувальних систем” (О. Лукін), “полігенезу нафти і газу” (А. Дмитрієвський) та ін.

Нові дані щодо походження метану газувугільних родовищ, що ґрунтуються на засадах абіогенно-біогенного дуалізму, зокрема на основних положеннях нової теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів та нової фізико-хімічної моделі глибинного мінерало- і нафтидогенезу в літосфері Землі, передбачають можливість його синтезу в надрах адіабатично в різні геологічні періоди, тобто в геологічному літочисленні безмежно (!). Вони набувають особливої ваги в контексті вирішення фундаментальних питань генезису, міграції і лока-

лізації вуглеводневмісних флюїдів, зокрема у вугільних покладах і вуглевмісних породах, з метою обґрунтування комплексного освоєння газувугільних родовищ для одночасного рентабельного видобутку метану і вугілля. В сучасних умовах функціонування паливно-енергетичного комплексу це стане істотним доповненням оцінки значення вуглеводневих покладів чи родовищ, що експлуатуються нині, а також інших видів вуглеводневої сировини: газу центральнобасейнового типу (basin-centered tight gas), “сланцевого” газу (“shale” gas), газу ущільнених колекторів (tight gas), газу астроблем (“astrobleme” gas), як вагома передумова не лише енергетичної, але й економічної незалежності України.

Цитована література

1. *Мойсичин В. М., Наушко І. М., Пилипець В. І., Радченко В. В., Халімендіков Є. М., Кожушок О. Д., Зінченко С. А., Шевелев Л. В., Юшков Є. О., Турчин В. А.* Комплексне освоєння газувугільних родовищ України на основі потокових технологій буріння свердловин. – Київ: Наук. думка, 2013. – 308 с.
2. *Забигайло В. Е., Широков А. З.* Проблемы геологии газов угольных месторождений. – Киев: Наук. думка, 1972. – 172 с.
3. *Кирюков В. В., Новикова В. Н., Куц О. А., Новгородцева Л. А.* Надмолекулярно-поровая структура и сорбционная способность углей в комплексе геологических и термодинамических факторов прогноза и оценки метаносности угольных пластов Юго-Западного Донбасса // Наукові праці УкрНДМІ НАН України, 2009. – № 5, ч. 2. – С. 274–281.
4. *Храмов В., Любчак О.* Механізм генерації метану в поровому просторі вугілля // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2009. – № 3–4. – С. 44–54.
5. *Булат А. Ф., Лукинов В. В., Пимоненко Л. И., Безручко К. А., Бурчак А. В.* Геологические основы и методы прогноза выбросоопасности угля, пород и газа. – Днепропетровск: Монолит, 2012. – 360 с.
6. *Дмитриевский А. Н., Вальев Б. М., Смирнова М. Н.* Механизмы, масштабы и темпы восполнения нефтегазовых залежей в процессе их разработки // Генезис нефти и газа. – Москва: ГЕОС, 2003. – С. 106–109.
7. *Сворень Й. М., Наушко І. М.* Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм // Доп. НАН України. – 2006. – № 2. – С. 111–116.
8. *Наушко 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.
9. *Павлюк М. І.* Геодинамічна еволюція та нафтогазоносність Азово-Чорноморського і Баренцевоморського периконтинентальних шельфів. – Львів: ТЗОВ “ПРОМАН”, 2014. – 365 с.
10. *Сворень Й. М., Наушко І. М.* Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій: фізико-хімічна модель формування вугільних пластів // Доп. НАН України. – 2009. – № 11. – С. 116–120.
11. *Чекалюк Э. Б.* Предельные давления генерации угольных газов в процессе метаморфизма углей // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1990. – Вып. 74. – С. 1–4.
12. *Павлюк М. И., Варичев С. А., Ризун Б. П.* Новые представления о генезисе нефти и газа и формировании нефтегазоносных провинций // Генезис нефти и газа. – Москва: ГЕОС, 2003. – С. 441–442.
13. *Сворень Й. М., Наушко І. М.* Надра Землі – природний фізико-хімічний реактор // Доп. НАН України. – 2009. – № 9. – С. 138–143.
14. *Павлюк М. І., Наушко І. М.* Флюїдопровідні розломні зони як показник міграційних процесів у вуглепородних масивах і нафтогазоносних верствах та їхня фіксація термобарично-геохімічними методами // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2009. – № 5, ч. 2. – С. 114–121.
15. *Каложный В. А., Щепак В. М., Гигашивили Г. М., Сворень И. М., Маковская И. А.* Использование гидрохимических ареалов и жидких включений в минералах для оценки нефтегазопроводности глубоких разломов // Закономерности образования и размещения промышленных месторождений нефти и газа. – Киев: Наук. думка, 1975. – С. 269–273.

References

1. *Moisyshyn V. M., Naumko I. M., Pylypets' V. I., Radchenko V. V., Khalimendikov Ye. M., Kozhushok O. D., Zinchenko S. A., Shevelyev L. V., Yuzhkov Ye. O., Turchyn V. A.* Complex development of gas-coal deposits on the basis of productive drilling technologies, Kiev: Naukova dumka, 2013 (in Ukrainian).
2. *Zabihailo V. E., Shirokov A. Z.* Problems of geology of gases of coal fields, Kiev: Naukova dumka, 1972 (in Russian).
3. *Kiryukov V. V., Novikova V. N., Kushch O. A., Novhorodceva L. A.* Transactions of UrkNDMI, 2009, No 5, pt. 2: 274–281 (in Russian).
4. *Khramov V., Lyubchak O.* Geology and geochemistry of combustible minerals, 2009, No 3–4: 44–54 (in Ukrainian).
5. *Bulat A. F., Lukinov V. V., Pimonenko L. I., Bezruchko K. A., Burchak A. V.* Geological principles and methods of forecast of coal, rock and gas outburst-danger, Dnepropetrovsk: Monolit, 2012 (in Russian).
6. *Dmitriyevskii A. N., Valyayev B. M., Smirnova M. N.* Genesis of oil and gas, Moscow: GEOS, 2003: 106–109 (in Russian).
7. *Svoren' Yo. M., Naumko I. M.* Dop. NAN Ukraine, 2006, No 2: 111–116 (in Ukrainian).
8. *Naumko I. M.* Fluid regime of mineral genesis of the rock-ore complexes of Ukraine (based on inclusions in minerals of typical parageneses): Thesis for a doctor's degree in geology, Lviv, 2006 (in Ukrainian).
9. *Pavlyuk M. I.* 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, 2014 (in Ukrainian).
10. *Svoren' Yo. M., Naumko I. M.* Dop. NAN Ukraine, 2009, No 11: 116–120 (in Ukrainian).
11. *Chekalyuk E. B.* Geology and geochemistry of combustible minerals, 1990, Iss. 74: 1–4 (in Russian).
12. *Pavlyuk M. I., Varichev S. A., Rizun B. P.* Genesis of oil and gas, Moscow: GEOS, 2003: 441–442 (in Russian).
13. *Svoren' Yo. M., Naumko I. M.* Dop. NAN Ukraine, 2009, No 9: 138–143 (in Ukrainian).
14. *Pavlyuk M. I., Naumko I. M.* Transactions of UrkNDMI, 2009, No 5 pt. 2: 114–121 (in Ukrainian).
15. *Kalyuzhnyi V. A., Shchepak V. M., Gigashvili G. M., Svoren' Yo. M., Makovskaya I. A.* Regularities of formation and positioning of industrial oil and gas fields, Kiev: Naukova dumka, 1975: 269–273 (in Russian).

Надійшло до редакції 22.08.2015

И. М. Наумко, член-корреспондент НАН Украины **М. И. Павлюк**,
Й. М. Сворень, **М. И. Зубик**

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины, Львов
E-mail: naumko@ukr.net

Газы угольных месторождений : новое решение проблемы синтеза–генезиса метана

На основании новой теории синтеза и генезиса природных углеводородов – “абиогенно-био-генный дуализм” – и новой физико-химической модели глубинного минерало- и нефтидоге-неза в литосфере Земли обосновано преимущественно абиогенно-биоогенное дуалистическое происхождение метана угольных месторождений. Поскольку в недрах Земли – высокоэнер-гетическом природном физико-химическом реакторе – синтез метана вместе с другими углеводородами в среде глубинного высокотемпературного флюида при участии абиоген-но-биоогенных источников осуществляется адиабатически в разные геологические периоды, т. е. в геологическом исчислении бесконечно (!), имеются все основания утверждать нали-чие постоянного практически неисчерпаемого их источника. Этим опровергнута концепция исключительно биоогенного происхождения метана угольных пластов и углесодержащих по-род, априори отрицающая возможность возобновления его ресурсов.

Ключевые слова: газы, угольные месторождения, синтез, генезис, природные углеводоро-ды, метан, абиогенно-биоогенный дуализм, литосфера Земли.

I. M. Naumko, Corresponding Member of the NAS of Ukraine **M. I. Pavlyuk**,
Yo. M. Svoren', **M. I. Zubyk**

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the NAS of Ukraine, Lviv

E-mail: naumko@ukr.net

Gases of coal fields: a new solution of the problem of synthesis–genesis of methane

The mainly abiogenic-biogenic genesis of methane of gas-coal fields is grounded on a new theory of synthesis and genesis of natural hydrocarbons – “abiogenic-biogenic dualism” – and a new physico-chemical model of the deep mineral- and naphthid-genesis in Earth’s lithosphere. As far as the synthesis of methane together with other hydrocarbons in the medium of a deep high temperature fluid with the participation of abiogenic-biogenic sources is realized adiabatically in Earth’s bowels (as a high energy physico-chemical reactor) in different geological periods, i. e. endlessly (!) in the geological calculus, this gives the foundation to assert the presence of their constant practically unexhaustible source. Hereby, the conception of the purely biogenic origin of methane of coal beds and coal-containing rocks, which denies a priori the possibility for its resources to be renewed, has been disproved.

Keywords: gases, coal fields, synthesis, genesis, natural hydrocarbons, methane, abiogenic-biogenic dualism, Earth’s lithosphere.