

ГІРНИЧА ГЕОЛОГІЯ / MINING GEOLOGY

УДК (553.93:552.571.1):551.243.8](477.6)

Н. В. Вергельська, І. М. Скопиченко, Ю. В. Крошко

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНІ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ТА АКУМУЛЯЦІЇ ГАЗУ У ТЕХНОГЕННИХ КОЛЕКТОРАХ ВУГЛЕПОРОДНИХ МАСИВІВ

Формування техногенних колекторів вуглепородних масивів визначаються глибиною виробки, літологічними особливостями вміщуючих порід та газонасністю вуглепородного масиву. Формування та перерозподіл газонасичених зон та шляхів міграції у вуглепородних масивах продовжується й тепер, що пов'язано із сучасною міграцією флюїдів. Газ, заповнюючи гірничі виробки закритих шахт, створює загрозу комунікаціям, спорудам в результаті вибухів та негативно впливає на здоров'я людини.

Встановлено, що закономірне поширення газоподібних вуглеводнів визначається розривними порушеннями та підтверджують не тільки дифузійне газонасичення масиву, а й темпове, тобто газонасичення масиву крізь розривні порушення при тектонічних (тектоно-магматичних) активізаціях. При цьому слід зазначити, що геологічні розривні порушення не на всьому просторі були «транспортними артеріями» газоподібних вуглеводнів. На більшій частині свого простягання вугілля і породи у зонах розривних порушень перем'яті, тобто майже повністю відсутня газопровідність. Відпрацьований простір діючих шахт є новим техногенним колектором, придатним для накопичення газоподібних вуглеводнів, потужність якого перевищує потужність вугільного пласта. На активні процеси міграції газів у відпрацьованому просторі вказують дослідження залишкової газової складової, у суміші якої встановлено гелій, водень та кількісні зміни вуглеводневих газів (C₂ – C₆).

Ключові слова: Донбас, техногенний колектор, вуглепородний масив, газонасність.

Вступ.

Питання ліквідації вугільних шахт, видобування метану закритих шахт та відпрацьованих горизонтів щороку стають все більш актуальними. За 200-річний термін розробки вугільних родовищ у Донбасі закрито сотні шахт, до яких додалися десятки в останні десятиліття. Газ, заповнюючи гірничі виробки закритих шахт, створює загрозу комунікаціям, спорудам в результаті вибухів та негативно впливає на здоров'я людини. Досвід робіт з видобування та утилізації метану з закритих шахт США, Німеччини, Англії та інших країн свідчить про реальну можливість отримання газоповітряної суміші із вмістом метану понад 36 - 50%, що дозволяє використовувати її для виробництва електроенергії на

когенераційних установках чи у якості палива (газу) для машин.

Поклади газу-метану в Україні зосереджені у Донецькому та Львівсько-Волинському кам'яновугільних басейнах. Газоносність вугленосних товщ значною мірою сформувалася шляхом просторового перерозподілу газової суміші і в наш час, переважно, представлена термогенними газами та відносно незначною кількістю біогенними і мігруючими із глибших горизонтів, в тому числі з глибинних джерел. Генезис, міграція, форми знаходження вуглеводнів у техногенних колекторах вуглепородних масивів та вугленосних товщах аналогічні процесам, характерним для природних газів у осадових формаціях.

За попередніми оцінками фахівців ресурси газу-метану вугільних басейнів (вугільних пластів та вміщуючих порід) співрозмірні із запасами традиційних вуглеводнів. Дослідженнями різних аспектів газоносності вугільних басейнів України займалися А.Я. Радзівілл, В.В. Лукінов, Л.І. Пимоненко, І.М. Наумко, А.В. Анциферов, Є.С. Бартошинська, О.І. Кравцов, Х.Ф. Джамалова, А.М. Брижаньов, Г.Д. Лідін та багато інших.

Мета дослідження – визначення формування геолого-структурних моделей техногенних колекторів вуглепородних масивів та акумуляції газу у них.

Завдання дослідження:

-визначити літологічні характеристики та умови формування техногенних колекторів вуглепородних масивів;

-визначити залишкову газову складову у вуглепородному масиві діючих шахт та їх відпрацьованих ділянках;

-визначити ділянки вуглепородних масивів, для яких характерна міграція.

Матеріали і методи дослідження.

Протягом 2011 - 2023 років було проведено ряд польових і лабораторних досліджень газових сумішей із вуглепородних масивів Донецького басейну, переважно у Донецько-Макіївському, Красноармійському та Павлоградському вуглепромислових районах. Газоносність вуглепородних масивів визначалися на підставі патентів № 79554 від 25.04.2013 [13] і № 99540 від 10.06.2015 [14]. Лабораторні дослідження проводилися в ДП «Укрнаукагеоцентр» та Інституті геології НАН України (газова хроматографія), Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України (ізотопні дослідження газу). За результатами аналізу проб встановлено зміни якісного та кількісного складу у газових сумішах із відпрацьованих ділянок вуглепородного масиву. Проведено узагальнення матеріалів геолого-розвідувальних робіт та маркшейдерсько-геологічних служб шахт.

Автори статті вдячні геологам вуглевидобувних підприємств за співпрацю: О.В. Правоторовій, І.О. Назаровій, О. Шевченку, Д.П. Гуні.

Аналіз попередніх досліджень.

Найбільш вивчена газоносність вуглепородних масивів Донецького кам'яновугільного басейну (Донбас). Попередніми дослідженнями зібрано значний матеріал, що характеризують літологію, тектоніку, магматичну діяльність, фізико-механічні властивості порід, умови осадконакопичення Донбасу, на основі яких формувалися погляди про геологічну будову регіону. За відсутністю прямих геологічних даних про великі глибини та забутування відпрацьованих ділянок, наявні геологічні та геофізичні матеріали не можуть мати однозначних висновків і трактуються, виходячи з теоретичних поглядів авторів. Щоб пояснити отримані результати, авторами запропоновано велику кількість гіпотез, якими намагаються пояснити утворення і розвиток тектонічних структур, посилення або послаблення процесів тектогенезу, вулканізму, особливості осадконакопичення, дислокованості та газоносності Донбасу.

Найбільше популярна ідея Д. Каріг і Маккензі [7, 10] формування рифтових зон у процесі підняття мантійних діапїрів – астенолітів. Відповідно до неї, не вся астеносфера, а лише окремі астеноліти проникають в основу континентальної кори, утворюючи ділянки аномальної мантії (корово-мантійну суміш). В подальшому, формування структури басейну відбувається за рахунок періодичного надходження порцій глибинної речовини утвореним каналом.

У монографіях Бондаря А.Д. [2] та А.Д. Бондаря, Ю.Я. Томчука [1] при визначенні критеріїв оцінки достовірності походження горючих корисних копалин, обрано теорію конвективно-дифузійного руху газоподібних вуглеводнів у неоднорідних пористих середовищах, у відповідності з якою повинна спостерігатися дифузійна диференціація ізотопів вуглецю легких вуглеводнів. Газоподібні вуглеводні, які рухаються із глибоких надр, не тільки накопичуються в пастках, утворюючи газові чи газоконденсатні поклади, але й впливають на стан захороненої біогенної органічної речовини, завдяки механохімічним процесам може відбуватися їх взаємодія з нею. Також вони слугують «харчуванням» для метанотрофних бактерій, що приводить до залучення в цей процес як біогенного, так і абіогенного вуглецю. Відповідно не тільки рідкі вуглеводні, але і вугілля може включати в себе як абіогенний, так і біогенний вуглець. На думку авторів, є можливість поєднати два протилежні уявлення про походження горючих копалин – біогенне та абіогенне, причому пріоритетна роль належить все-таки абіогенним факторам. В осадовій товщі

вплив дифузії чітко виявляється на глибинах, переважно до 3000 м, а в інтрузії, що охолоджується, – після закінчення ізотопного обміну.

У роботі В.Є. Забігайло і О.З. Широкова [9] за результатами аналізу газоносності шахт Західного Донбасу (що відрізняється наявністю тільки скидів) встановлено, що закономірна зміна метаносності, зумовлена регіональними чинниками, ускладнюється впливом тектонічних порушень, літології та колекторських властивостей вуглевміщуючих порід і гідрогеологічних умов. Визначено, що крупні діагональні скиди, що характеризуються багатофазовим розвитком, сприяли руйнуванню газових покладів, повздовжні – накопиченню газів. В.В. Лукіновим [11] для південно-західної частини Донбасу встановлено вплив палеотектоніки на ступінь катагенетичних перетворень, а відповідно, і на газоносність.

А. Saghafi [16] вважає, що використання газової складової вуглепородних масивів доцільне для вирішення різних питань, але для кожного з напрямів варто застосовувати окремі газові показники. Для запобігання використанню не коректних показників доцільно розглядати декілька методів, а також розробити методіку дослідження вугільних масивів із низькими вмістом газу.

У роботах Н.В. Вергельської розглянуто умови формування, характеристики порід забутовки та газоносності техногенних колекторів [4, 5].

Результати досліджень.

Формування техногенних колекторів вуглепородних масивів визначаються глибиною виробки, літологічними особливостями вміщуючих порід та газоносністю вуглепородного масиву. Формування та перерозподіл газонасичених зон та шляхів міграції у вуглепородних масивах продовжується й тепер, що пов'язано як із сучасною міграцією флюїдів (рис. 1-3), так і з формуванням техногенних колекторів при відпрацюванні вугільних пластів. При визначенні газонасичених зон варто враховувати водоносні горизонти вуглепородних масивів, які можуть виступати як транспортні артерії для переміщення водо-газових розчинів. Оскільки вода може як поглинати газові суміші, так і віддавати гази при зміні температури у вуглепородних масивах. Зокрема, температура вуглепородного масиву впливає на якісні та кількісні характеристики газової суміші, які мігрують вертикально та можуть вступати у взаємодію з породами масиву.

Визначені напрями міграції, вказують не тільки на вертикальну міграцію, а на збагачення масиву вуглеводневою складовою із суміжних горизонтів. При підтоці газу із глибших горизонтів, основу складатимуть термогенні гази, які змінені за рахунок термогеодинаміки вуглепородного масиву. Переважно такі

зони можна фіксувати у межах дрібноамплітудної постформаційної тектоніки, які на певних глибинах підстиляють вугленосні поклади.

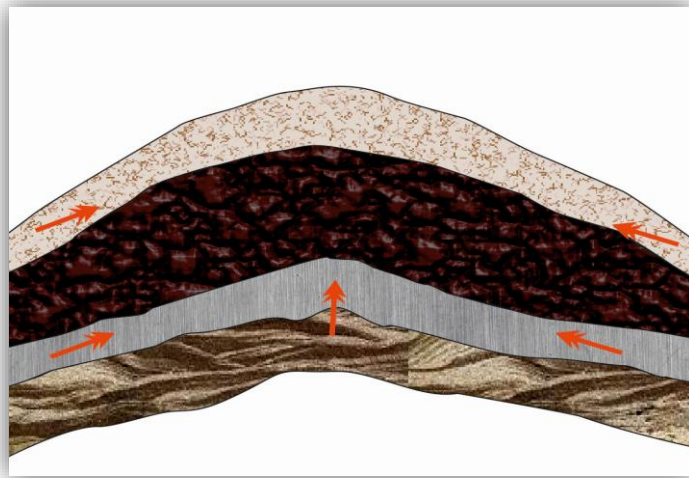





Рис. 1. Сучасна міграція газу у антиклінальних структурах вуглепородного масиву.

Умовні позначення (рис 1-3):

 -вміщуючі породи;  - вугільний пласт;  - напрям руху газу.

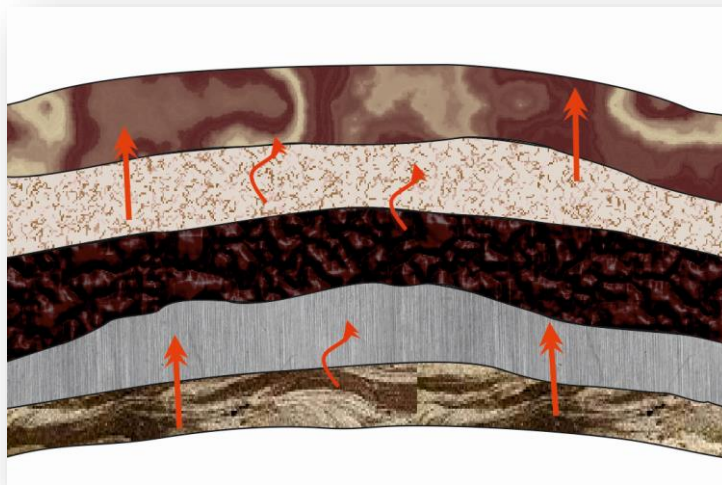


Рис. 2. Сучасна міграція газу тектонічними порушеннями. Умовні позначення рис. 1.

При підтоці газу глибинних джерел їх можна фіксувати за наявністю гелію (He) та за показниками ізотопних досліджень, у переважній більшості випадків, у тектонічно порушених зонах. У таких зонах газ мігруючи масивом збагачує

його, зазвичай, не завдаючи ускладнень адвентивним газам, з якими за сприятливих умов можуть вступати у взаємодію.

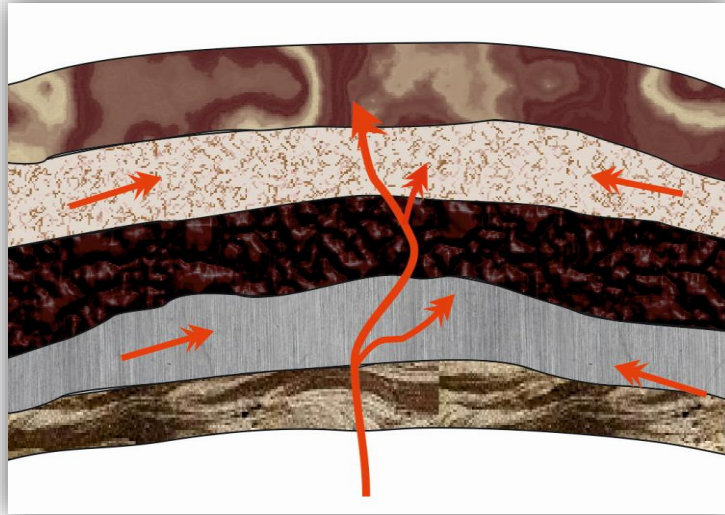


Рис. 3. Сучасна міграція газу тектонічними порушеннями із глибших горизонтів. Умовні позначення рис. 1.

У періоди посилення тектонічної активності на території Донецького басейну, у вузлах перетину різноспрямованих глибинних розломів, відбувалася неодноразова активізація тектоно-магматичних процесів. Історико-геологічне формування ділянок вугільних масивів із різними сорбційними властивостями порід і вугілля, різними показниками газоємності та характеру флюїдопровідності, тісно пов'язані з тектоно-магматичними та постмагматичними процесами, як регіону так і світу, в цілому [5, 7, 10, 15].

Внаслідок зміни гіпсометричних рівнів вугільних товщ у постформаційний період, відбуваються зміна складу та перерозподіл зон газонасичення масиву за рахунок створення нових структур для природної дегазації та акумуляції газу. Газоносність вугільних пластів контролюється геологічними структурами, де простежується чіткий взаємозв'язок: газоносність вугільних пластів визначається наявністю дрібних структур різного характеру [1, 4, 5, 6] в яких газові поклади пов'язані з вугільними пластами та вміщуючими їх породами.

При дослідженні газової складової вугільних пластів за вміщуючих порід південно-західної частини Донбасу (рис. 4) встановлено, що закономірне поширення газоподібних вуглеводнів визначається розривними порушеннями та підтверджують не тільки дифузійне газонасичення масиву, а й темпове, тобто газонасичення масиву крізь розривні порушення при тектонічних (тектоно-магматичних) активізаціях. При цьому слід зазначити, що геологічні розривні порушення не на всьому просторі були «транспортними артеріями»

газоподібних вуглеводнів: на більшій частині свого простягання вугілля і породи у зонах розривних порушень перем'яті, тобто майже повністю відсутня газопровідність. Значна частина геологічних розривних порушень у наш час є перешкодою для газообміну між геоструктурними блоками масиву та визначає відносну якісну стабільність газової складової блоків. Це підтверджено докладними газоаналітичними роботами, виконаними в очисному забої, вентиляційному і конвеєрному штреку шістнадцятого східної лави пласта m_3 та похилій лаві l_4 шахти ім. О.Ф. Засядько, на 1-й західній лаві пласта m_3 шахти ім. К.І. Поченкова, 3-й північній лаві пласта m_3 шахти «Чайкіно», на першому східній лаві пласта m_3 шахти В.М. Бажанова, на 2-й і 3-й західних лавах пласта l_1 ДП ВК «Краснолиманська», у пласті m_4^2 шахти «Піонер».

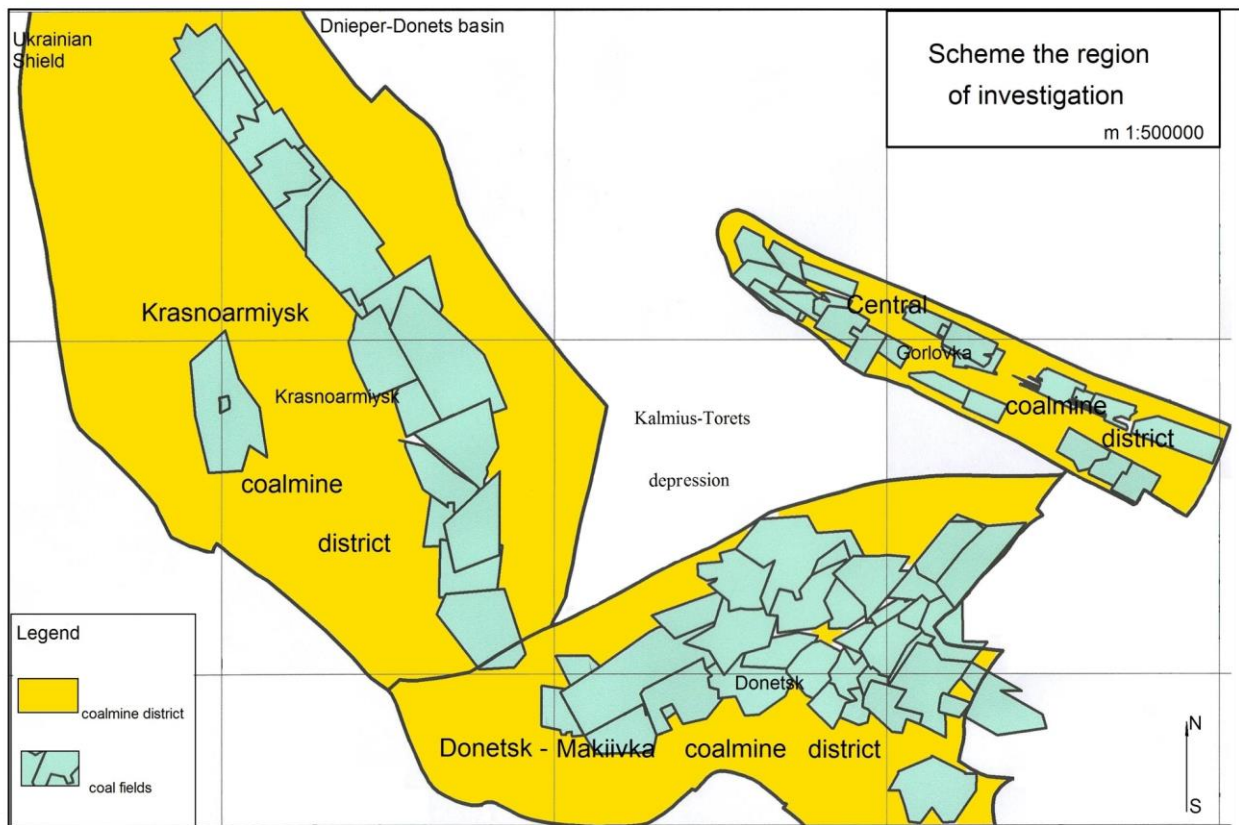


Рис. 4. Район дослідження газоносності вуглепородних масивів та відпрацьованих ділянок діючих шахт (Красноармійський та Донецько-Макіївський вуглепромислові райони).

Зважаючи на те, що вуглеводні метанового ряду, крім частини метану з проблематичною генетикою, синтезовані у більш жорстких термобаричних умовах, ніж сучасні умови їх поширення [11, 12, 15], можна стверджувати, що газонасичення вугільного масиву відбулося за рахунок конвективної дифузії газової суміші тріщинами розривних порушень, тобто за рахунок переносу

речовини рухомим середовищем. Рух потоку речовини відбувався у відповідності до другого закону термодинаміки, згідно якому стан речовини змінюється у напрямку досягнення рівноваги температури і тиску – з глибоких горизонтів до приповерхневих, від високих температур і тиску – до більш низьких.

При проведенні гірничих робіт порушується рівновага системи газ – вміщуюче середовище, створене попередніми геологічними процесами. У відпрацьованому просторі діючих шахт створюється новий газовий колектор, який має більш пористу структуру та більший розмір, ніж потужність вугільного пласта [4, 17] зберігаючи особливості насичення газом (рис. 5-7).

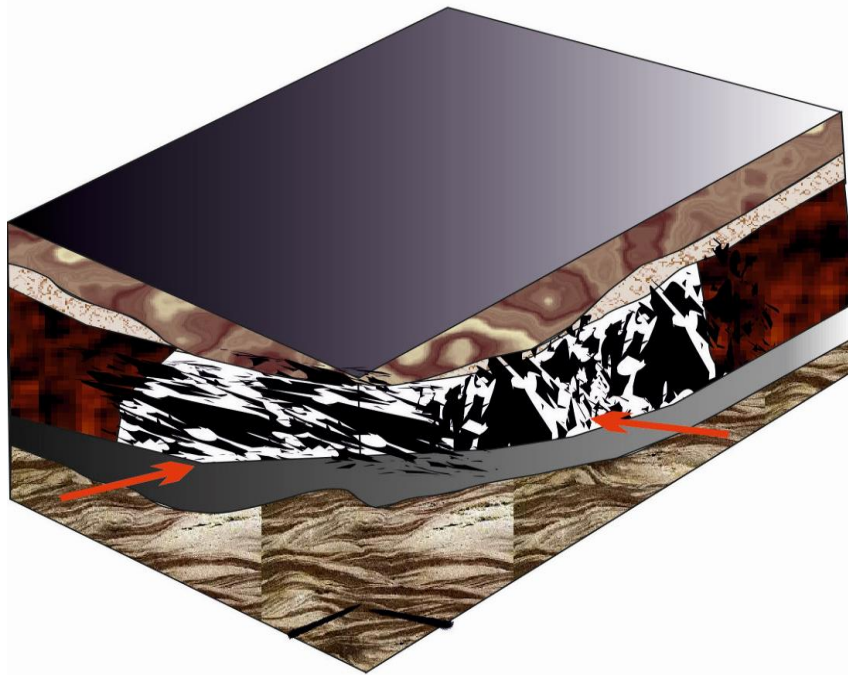


Рис. 5. Міграція газу в антиклінальних структурах техногенних колекторів вуглепородного масиву.

Умовні позначення (рис. 5 - 7):

 - вміщуючі породи;  - вугільний пласт;  - забутована (відпрацьована) ділянка вугільного пласта;  - розривні порушення;  - напрям руху газу.

Новоутворений колектор за потужністю значно перевищує (до 50%, іноді більше) товщу вугільного пласта. Основними породами, які складають техногенний колектор, є породи покрівлі: сірі аргіліти, сланці, пісковики, вугілля та вуглисті породи, зрідка алевроліти. Подрібнена маса техногенних колекторів (забутованих гірничих виробок) представлена переважно породною частиною вуглепородного масиву шахти (близько 85% об'єму маси) та менше 10 - 15% –

вугільними уламками. Можна припустити, що основна кількість газів у породах і вугіллі відпрацьованого простору надійшла із часу його відпрацювання не тільки з оточуючих ціликів і має донором не тільки вугілля розробленого горизонту, але і більш глибокі джерела. Це стосується визначених компонентів у газовій суміші: гелію, водню, а також деяких ненасичених та важких вуглеводнів, рух яких визначено попередніми дослідженнями у тектонічно порушених зонах.

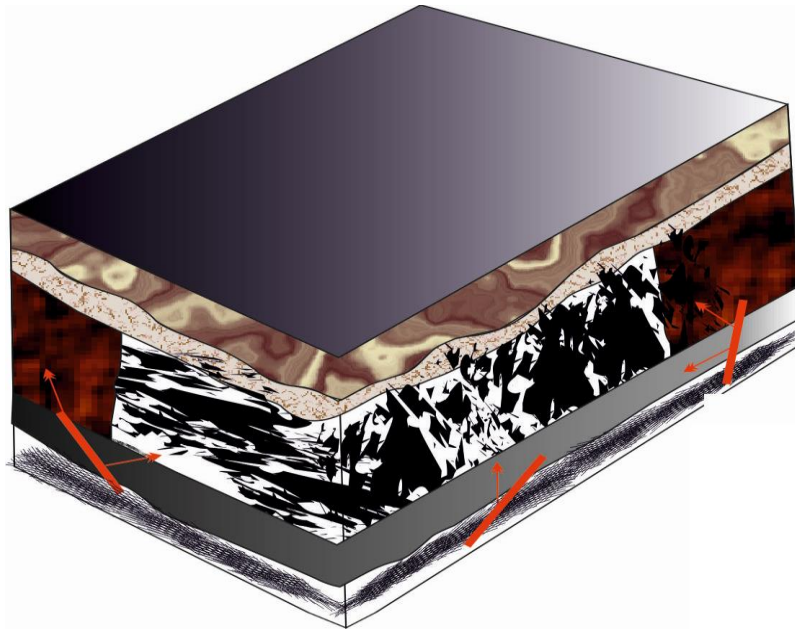


Рис. 6. Міграція газу тектонічними порушеннями у техногенних колекторах вуглепородного масиву. Умовні позначення рис. 5.

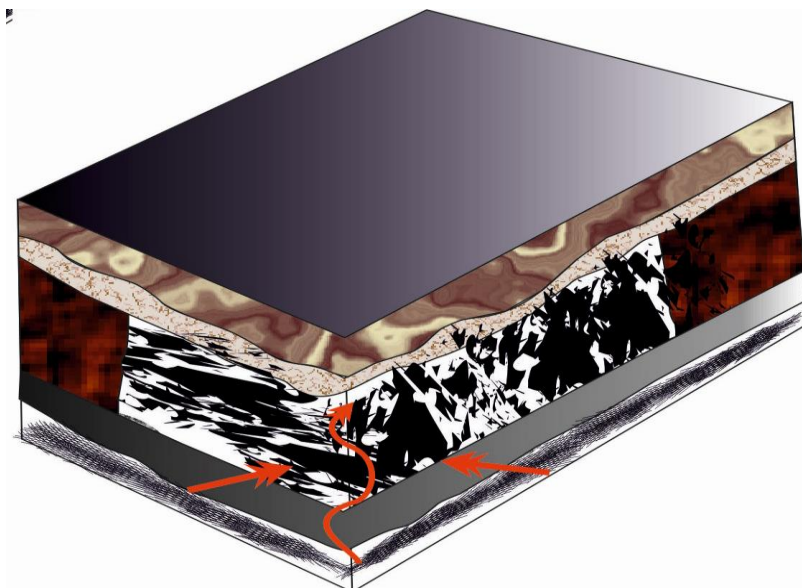


Рис. 7. Міграція газу тектонічними порушеннями із глибших горизонтів у техногенні колектори вуглепородних масивів. Умовні позначення рис. 5.

Умови насичення та перерозподілу газу у вуглепородному масиві Донбасу та техногенних колекторів насиченими ($C_3 - C_5$) та ненасиченими (C_2) вуглеводнями визначаються величиною періодів збільшення чи зменшення пропускної здатності тектонічних розривних порушень з часом надходження до них вуглеводнів.

В результаті ізотопного дослідження газів вуглепородних масивів Донбасу встановлено, що більше 90% газів товщі можна віднести до термогенних, тобто газів які пройшли додаткові температурні зміни. У зонах впливу регіональних тектонічних розривних порушень (Ветківський розлом і Центральний насув), встановлено невелику кількість газу, яку за своїми показниками можна віднести до глибинного. У монолітних, без порушень, товщах вуглепородних масивів та розрізах вище метанової зони встановлено незначну кількість газу, яку можна віднести до біогенних. Таким чином, на основі ізотопного дослідження, газ вуглепородних масивів складається, переважно, з термогенного газу при незначній кількості біогенного і абіогенного.

Наші дослідження узгоджуються з роботами А.М. Дмитрієвського і Б.М. Валяєва, що формування скупчень вуглеводнів і накопичення осадків збагачених органічною речовиною можливо лише в зонах впливу глибинної дегазації, насамперед вуглеводневої [3, 8].

Висновки.

Відпрацьований простір діючих шахт є новим техногенним колектором, придатним для накопичення газоподібних вуглеводнів потужність якого перевищує потужність вугільного пласта. На активні процеси міграції газів у відпрацьованому просторі вказують дослідження залишкової газової складової у суміші якої встановлено гелій, водень та кількісні зміни вуглеводневих газів ($C_2 - C_6$).

Доцільно зазначити, що міграція газів у вуглепородних масивах визначається дифузійним газонасиченням, як безперервним процесом руху газу у вуглепородному масиві і, швидше за все, є основою для термогенних газів. Варто враховувати й темпове газонасичення, яке визначається тривалістю розкриття тектонічних розривних порушень та контролюється текто-магматичними активізаціями, в тому числі й землетрусами, та збагачує масив глибинними газами, частина яких змінюється вже в осадовій товщі літосфери.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондарь А. Д., Томчук Ю. Я. Дифференциация изотопов углерода – ключ к решению проблемы генезиса горючих ископаемых. Харьков: ТО «Эксклюзив», 2002. 97 с.

2. Бондарь А. Д. Изотопы углерода в геохимии горючих ископаемых. Харьков: ТО Эксклюзив, 2004. 92 с.
3. Валяев Б. М. Углеродная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа (признание и развитие идей П.Н. Кропоткина). *Дегазация Земли и геотектоника*. Москва: ГЕОС, 2012. С. 20-42.
4. Вергельська Н. В. Газоносність відпрацьованого простору діючих шахт Донбасу. *Тектоніка і стратиграфія*. 2012. Вип. 39. С. 30–33.
5. Вергельська Н. В., Правоторова О. В., Назарова І. О. Про особливості газової складової вугільних пластів в тектонічно активних зонах (на прикладі ділянки Північно-Родинська-2 ДП ВК «Краснолиманська»). *Наукові праці УкрНДМІ НАН України*. 2011. Вип. 9. Ч. 2. С. 440–450.
6. Волошин Н. Е. Внезапные выбросы и способы борьбы с ними в угольных шахтах. Київ: Техніка, 1985. 127 с.
7. Грачев А. Ф. Рифтовые зоны Земли. Москва: Недра, 1987. 284 с.
8. Дмитриевский А. Н., Валяев Б. М. Углеродная дегазация через дно океана: локализованные проявления, масштабы, значимость. *Дегазация Земли и геотектоника*. Москва: ГЕОС, 2002. С. 7 – 36.
9. Забигайло В. Е., Широков А. З. Проблемы геологии газов угольных месторождений. Київ: Наук. думка, 1972. 172 с.
10. Кропоткин П. Н., Ефремова В. Н., Макеев В. М. Напряженное состояние земной коры и геодинамика. *Геотектоника*. 1987. № 1. С. 3–25.
11. Лукинов В. В. Литогенез песчаников Донбасса и локальный прогноз их выбросоопасности на шахтах: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук: 04.00.16. Днепропетровск, 1990. 22 с.
12. Сукачев А. Н., Радзивилл А. Я., Касьянов В. В., Сусло А. И. Опыт исследования ацетиленосности угольных пластов шахт Донецко-Макеевского района. Киев. 1992. 55 с.
13. Спосіб визначення залишкової газової складової вуглепородного масиву Донбасу, автори А. Я. Радзівілл, О. М. Сукачов, Н. В. Вергельська, М. Ю. Соболев, Патент № 79554 від 25.04.2013. Державна служба інтелектуальної власності України, 2013
14. Спосіб визначення зон скупчення газу у відпрацьованому просторі діючих шахт, автори Євдошук М. І., Вергельська Н. В., Патент № 99540 від 10.06.2015. Державна служба інтелектуальної власності України, 2015
15. Тиркель М. Г., Анциферов В. А., Глухов А. А. Изучение газоносности угленосной толщи. Донецк: ВЕБЕР. 2008. 208 с.
16. Saghafi A., Gas Content and Emissions from Coal Mining, 11th Underground Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011. P. 285-290.
17. Vergelska N., Skopychenko I. Formation and redistribution of gas in coal basins. *Polish journal of science*. 2019. (22). С. 7 – 12.

REFERENCES

1. Bondar A.D., Tomchuk Yu.Ya. 2002. Differentiation of carbon isotopes as a key to solving the problem of the genesis of fossil fuels. Kharkov: TO "Exclusive", 97 p.
2. Bondar A.D. 2004. Carbon isotopes in the geochemistry of fossil fuels. Kharkov: TO Exclusive, 92 p.

3. Valyaev B.M. 2012. Hydrocarbon degassing of the Earth, geotectonics and the origin of oil and gas (recognition and development of the ideas of P.N. Kropotkin). *Earth degassing and geotectonics*. Moscow: GEOS. pp. 20-42.
4. Vergelska N. V. 2012. Gas carrying capacity of the spent space of the operating mines of Donbas. *Tectonics and stratigraphy*. Issue 39. P. 30–33.
5. Vergelska N.V., Pravotorova O.V., Nazarova I.O. 2011. On the peculiarities of the gas component of coal seams in tectonically active zones (on the example of the Severno-Rodinska-2 section of the Krasnolymanska SE VC). *Scientific works of the UkrNDMI of the National Academy of Sciences of Ukraine*. Issue 9. Part 2. P. 440–450.
6. Voloshin N. E. 1985. Sudden outbursts and ways to deal with them in coal mines. Kiev: Tekhnika. 127 p.
7. Grachev A.F. 1987. Rift Zones of the Earth. Moscow: Nedra. 284 p.
8. Dmitrievsky A. N., Valyaev B. M. 2002. Hydrocarbon degassing through the ocean floor: localized manifestations, scales, significance. *Earth degassing and geotectonics*. Moscow: GEOS. pp. 7 – 36.
9. Zabigailo V.E., Shyrokov A.Z. 1972. Problems of geology of gases of coal deposits. Kiev: Nauk. Dumka. 172 p.
10. Kropotkin P.N., Efremova V. N., Makeev V. M. 1987. Stress State of the Earth's Crust and Geodynamics. *Geotectonics*. N 1. S. 3–25.
11. Lukinov V.V. 1990. Lithogenesis of sandstones of Donbass and local forecast of their outburst hazard at mines: author. diss. ... cand. geol.-min. Sciences: 04.00.16. Dnepropetrovsk. 22 p.
12. Sukachev A.N., Radziwill A.Ya., Kasyanov V.V., Suslo A.I. 1992. Experience in investigating the acetylene content of coal seams in mines in the Donetsk-Makeevsky region. Kyiv. 55 p.
13. The method of determining the residual gas component of the Donbas coal massif, authors A. Ya. Radzivill, O. M. Sukachev, N. V. Vergelska, M. Yu. Sobolev, Patent No. 79554 dated 04/25/2013. State Intellectual Property Service of Ukraine, 2013.
14. The method of determining gas accumulation zones in the exhausted space of active mines, authors M. I. Yevdoshchuk, N. V. Vergelska, Patent No. 99540 dated 06/10/2015. State Intellectual Property Service of Ukraine, 2015.
15. Tirkel M. G., Antsiferov V. A., Glukhov A. A. 2008. Study of the gas content of the coal-bearing strata. Donetsk: WEBER. 208 p.
16. Saghafi A. 2011. Gas Content and Emissions from Coal Mining, 11th Underground Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy. P. 285-290.
17. Vergelska N., Skopychenko I. 2019. Formation and redistribution of gas in coal basins. *Polish journal of science*. 22. C. 7-12.

N.V. Vergelska, I.M. Skopichenko, Yu.V. Kroshko

GEOLOGICAL AND STRUCTURAL MODELS OF FORMATION AND ACCUMULATION OF GAS IN MAN-MADE RESERVOIRS OF COAL ROCK MASSIVES

The formation of technogenic reservoirs of coal-rock massifs is determined by the depth of development, lithological features of the host rocks and the gas content of the coal-rock massif. The formation and redistribution of gas-saturated zones and migration routes in coal-rock massifs continues even now, which is associated with modern fluid migration. Gas, filling the mine workings of closed mines, creates a threat to communications, structures as a result of explosions and has a negative impact on human health.

It has been established that the regular distribution of gaseous hydrocarbons is determined by discontinuities and confirms not only the diffusion gas saturation of the massif, but also the tempo, that is, the gas saturation of the massif through discontinuities during tectonic (tectonic-magmatic) activations. At the same time, it should be noted that geological discontinuities were not the “transport arteries” of gaseous hydrocarbons not throughout the entire space. For most of its strike, coal and rocks in the zones of discontinuities are folded, and there is almost no gas transmission. The worked-out space of active mines is a new technogenic reservoir suitable for the accumulation of gaseous hydrocarbons, the thickness of which exceeds the thickness of the coal seam. The active processes of gas migration in the exhaust space are indicated by the study of the residual gas component, in the mixture of which helium, hydrogen and quantitative changes in hydrocarbon gases (C₂ - C₆) were found.

Key words: Donbas, technogenic reservoir, coal rock massif, gas content.

Н. В. Вергельская, И. М. Скопиченко, Ю. В. Крошка

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ И АККУМУЛЯЦИИ ГАЗА В ТЕХНОГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ УГЛЕПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Формирование техногенных коллекторов углеporодных массивов определяется глубиной выработки, литологическими особенностями вмещающих пород и газоносностью углеporодного массива. Формирование и перераспределение газонасыщенных зон и путей миграции в углеporодных массивах продолжается и сейчас, что связано как с современной миграцией флюидов. Газ, заполняя горные выработки закрытых шахт, создает угрозу коммуникациям, сооружениям в результате взрывов и оказывает негативное влияние на здоровье человека.

Установлено, что закономерное распространение газообразных углеводородов определяется разрывными нарушениями и подтверждают не только диффузивное газонасыщение массива, но и темповое, то есть газонасыщение массива через разрывные нарушения при тектонических

(тектоно-магматических) активизациях. При этом следует отметить, что геологические разрывные нарушения не на всем пространстве были «транспортными артериями» газообразных углеводородов: на большей части своего простирания угля и породы в зонах разрывных нарушений перемяты почти полностью отсутствует газопроводность. Отработанное пространство действующих шахт является новым техногенным коллектором, пригодным для накопления газообразных углеводородов, мощность которого превышает мощность угольного пласта. На активные процессы миграции газов в отработанном пространстве указывают исследование остаточной газовой составляющей, в смеси которой установлен гелий, водород и количественные изменения углеводородных газов (C₂ – C₆).

Ключевые слова: Донбасс, техногенный коллектор, углепородный массив, газоносность.

ДУ «Науковий центр гірничої геології, геоecології та розвитку інфраструктури НАН України»,
м. Київ, Україна

Наталія Вергельська

доктор геологічних наук

e-mail: vnata09@meta.ua

<https://orcid.org/0000-0002-1440-6082>

Інститут геотехнічної механіки НАН України, м. Дніпро, Україна

ДУ «Науковий центр гірничої геології, геоecології та розвитку інфраструктури НАН України»,
м. Київ, Україна

Ігор Скопиченко

кандидат геолого-мінералогічних наук

e-mail: i.skopychenko@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0333-2698>

Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна

Юлія Крошко

кандидат геологічних наук

e-mail: ykrosh.79@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>

Стаття надійшла: 19.07.2022