

Библиографический список:

1. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1988. – 304 с.
2. Бессонова В.П., Грицай З.В., Юсыпова Т.И. Использование цитогенетических критериев для оценки мутагенности промышленных поллютантов // Цитология и генетика. – 1996. – Т. 30. – № 5. – С. 70-76.
3. Веселова Т.Д., Гревцова Н.А., Джалилова Х.Х. О возможности выявления видов-индикаторов загрязнения окружающей среды на основании анализа состояния мужской генеративной сферы у цветковых растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1996. – Т. 101. – № 4. – С. 69-72.
4. А. с. 1725785 СССР МКИ А 01 Н 1/00. Способ определения интегрального эффекта неблагоприятных факторов внешней среды / Нечкина М.А., Куприянов П.Г. – 1992. – № 14. – С. 10.
5. Зайцев Д.Ю., Круглова Н.Н. Состояние микроспор в пыльниках ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в различных экологических условиях // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомств. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2005. – Вып. 5. – С. 33-40.
6. Пат. 5845 UA, 7 A01G7/00. Спосіб фітоіндикаційної оціни токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів. – А.І. Сафонов – № 20040907413; Заявл. 10.09.2004; Опубл. 15.03.2005. – Бюл. №3. – 14 с.
7. Пат. 22814 UA, 7 A01G7/00. Спосіб оцінки токсичності середовища в умовах забруднення автомобільним транспортом. – А.І. Сафонов, П.С. Беломеря.– № 200613774; Заявл. 25.12.2006; Опубл. 25.04.2007. – Бюл. №5. – 9 с.
8. Титов А.І., Беломеря П.С., Сафонов А.І. Різноманітність будови пилоквих зерен рослин в умовах техногенного середовища // Сучасні проблеми екології. – Житомир: Б.в., 2006. – С. 86-88.
9. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции / Под ред. Т.Б. Батыгиной. – Генеративные органы цветка. – СПб.: Мир и семья, 1994. – Т. 1. – 320 с.
10. Злаки Украины / Прокудин Ю.Н., Вовк А.Г., Петрова О.А. и др. – К.: Наукова думка, 1977. – 467 с.
11. Круглова Н.Н. Периодизация развития пыльника злаков // Известия РАН. Серия биологическая. – 1999. – № 3. – С. 275-281.
12. Бондарь Л.М., Частоколенко Л.В. Микроспорогенез как один из возможных биоиндикаторов загрязняющего воздействия автотрассы // Биол. науки. – 1990. – № 5. – С. 79-84.
13. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев, 1978. – 126с.
14. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26. – № 1. – С. 107-117.
15. Капранов С.В. Автотранспорт, воздух и здоровье. – Луганск, 1998. – 200 с.
16. Круглова Н.Н. Критические фазы развития пыльника злаков: к постановке проблемы // Цитология. – 2001. – Т. 43. – № 4. – С. 356-357.

УДК 622.537.8:622.416.457

¹ ТАРАНИК О.О., ² СМЕЦЬ О.В., ¹ КАНІН В.О. ¹(УКРНДМІ), ²(ІГМР)

ХАРАКТЕРИСТИКА ВУГІЛЬНИХ ГАЗІВ ДОНБАСУ У ЗОНАХ ТЕКТОНІЧНОЇ ПОРУШЕНОСТІ ЗА ДАНИМИ ІЗОТОПНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ШАХТИ ІМ. А.Ф. ЗАСЯДЬКА ТА ЧЕРВНОЛИМАНСЬКА

Приведены результаты изотопного состава углерода угля и рудничного газа шахты им. А.Ф. Засядько и Краснолиманская с учетом их геотектонической приуроченности. Установлено, что угольные газы имеют термогенное происхождение. Обнаружены изменения изотопного состава угольных газов в зонах тектонических нарушений.

Приведені результати ізотопного складу вуглецю вугілля та газу шахти ім. О.Ф. Засядька і Червонолиманська з урахуванням геотектонічного впливу. Встановлено, що вугільні газы мають

термогенс походження. Знайдені зміни ізотопного складу вугільних газів в зонах тектонічних порушень.

The results of research of isotopic composition of coal and methane carbon of coalbed gases of A.F. Zasyadko and Krasnolymanskaya coal mines are presented. A termogenic origin of coalbed gases is established. Some changes in isotopic composition of coalbed gases of the zones of tectonic fracturing in comparison with the background values were revealed.

Прогресивний розвиток гірничих робіт на великих глибинах шахт Донбасу (шахта ім. О.Ф. Засядька, “Червоноармійська-Західна №1”, “Червонолиманська”), в складних гірничо-геологічних умовах, вимагає розгляду ряду важливих питань виробничого і економічного значення. Сучасні уявлення про джерела виділення горючих газів формуються без урахування складних гірничо-геологічних умов, що, поза сумнівом, утрудняє створення адекватної генетичної моделі високогазоносних ділянок Донецько-Макіївського району Донбасу. Таким чином, питання генезису і шляхів міграції вуглеводневих газів, що формують вибухонебезпечні скупчення в гірських виробках шахт, є найбільш актуальним у сучасній гірничій обстановці.

Виконання досліджень ізотопного складу вуглецю вугільних газів стимулюється прагненням одержати достатньо певні висновки щодо просторово-часової локалізації “вогниць” генерації вуглеводневих газів, а також про характер і масштаби їх міграції.

Дослідження ізотопного складу вуглецю вугілля, CH_4 і CO_2 вугільних родовищ Донбасу викладені в працях [1,2]. Встановлено наступне. Вуглекислота атмосфери гірських виробок ($\delta^{13}\text{C}_{\text{cp}} = -23 \text{ ‰}$) відрізняється від CO_2 вугілля ($\delta^{13}\text{C}_{\text{cp}} = -17 \text{ ‰}$). На думку авторів, це пов'язано з вторинними процесами окислення вугільної маси. Ізотопний склад вуглецю метану змінюється від -74 до -10 ‰ , спостерігається залежність значень $\delta^{13}\text{C}$ метану від ступеню метаморфізму вугілля та впливу біохімічних процесів. Найбільш збіднений ізотопом ^{13}C метан у вугільних шахтах, які розташовані до поверхні (200-300 м). Мікрофлора поступає у вугільний пласт разом з водою і генерує метан с $\delta^{13}\text{C}_{\text{cp}} = -70 \text{ ‰}$.

Войтов і ін. [3] здійснили комплексні дослідження ізотопного складу вуглецю CH_4 , CO_2 деяких кам'яновугільних пластів Донбасу широкого діапазону метаморфічних змін початкової органічної речовини (від марки вугілля Д до антрацитів вищих ступенів метаморфізму). Встановлено, що в межах всієї шкали метаморфізму кам'яного вугілля Донбасу ізотопний склад вуглецю вугільної речовини стабільний і змінюється в інтервалі від -24 до -26 ‰ .

Ізотопний склад вуглецю вуглекислоти вугільних газів досліджений Гавриловим Е.Я. та ін [4]. Відбір зразків газу проведений на території восьми вугільних басейнів, в тому числі і в Донбасі. Згідно цих досліджень, вміст CO_2 в шахтних газах Донбасу коливається від 4 до 37 %, діапазон варіації значень $\delta^{13}\text{C}$ від -10 до -30 ‰ . Оскільки середнє значення $\delta^{13}\text{C}_{\text{cp}}(\text{CO}_2) = -20 \text{ ‰}$ є близьким значенням до ізотопного складу вугілля (-29 ‰), то висловлена думка, що основна частина CO_2 утворюється при окисленні органічної речовини вугілля.

У праці [5] для вирішення питання походження газів вугленосної товщі Донецького басейну був визначений ізотопний склад вуглецю метану із вугільних пластів I_3 і I_5 . Проби газу були відібрані у 10 шахтах басейну із вугілля марок “Ж” і “А”. Значення $\delta^{13}\text{C}$ метану змінювалось в діапазоні від $-59,7$ до $-26,55 \text{ ‰}$, а великі варіації $\delta^{13}\text{C}$ свідчать про гетерогенне походження газу. Помічено збагачення ізотопом $\delta^{13}\text{C}$ метану при спільному збільшенні його кількості у складі газу та зростанні ступеню метаморфізму вугілля, що свідчить про прямий зв'язок цього метану з вмісним вугіллям. Виняток складає метан у вугіллі марки “Т” в районі шахти Комісарівська. Район знаходиться в зоні тектонічного руйнування Краснодонського глибинного розлому. Наявність на північ від цієї зони промислових газових родовищ дає можливість зробити висновок про вплив підтоку цього газу у вугільні пласти вздовж зон тектонічних порушень.

Огляд літературних даних, присвячених ізотопним дослідженням різних вугільних басейнів світу, показує перспективність, як у науковому, так і в прикладному відношенні подальшого вивчення природи аномальних скупчень газу у вугільних пластах.

На підставі цього проводилась робота, основним завданням якої було визначення значень $\delta^{13}\text{C}$ в пробах вугілля та газу з шахт ім. О.Ф. Засядька і Червонолиманська, для визначення генезису газів в зонах насувів і глибинних розломів.

Проби вугілля й газів для вивчення ізотопного складу вуглецю відбирались зі свердловин та шпурів шахти імені О.Ф. Засядька і Червонолиманської. Всього за 2007 рік вивчено 20 проб

газу і 2 проби вугілля з шахти Червонолиманська, а також 16 проб газу й 4 проби вугілля з шахти імені О.Ф. Засядька.

Підготовка проб для ізотопних аналізів та аналізи ізотопного складу вуглецю виконувались в ІГМР імені М.П. Семененка НАН України. Схема підготовки вугілля така: 1) кип'ятіння в розчині 10 %-ї соляної кислоти; 2) обробка сумішшю азотної кислот з перекисом кисню (співвідношення 1:1); 3) промивання водою; 4) сушіння. Далі проби розмішували у кварцовій колбі й вводили в реактор установки спалювання в потоці кисню. Режим екстракції вуглецю з вугілля у формі CO_2 стандартний [Алексеев, Лебедев, 1977], час реакції – 40 хв. Для проведення ізотопних досліджень метан і вуглекислий газ відділялись з суміші газів за спеціально розробленими методиками. Відокремлення метану з суміші газів було проведене з використанням хроматографу ЛХМ-8МД, під'єданого до системи накопичування метану для багаторазового пропускання газової суміші через петлю хроматографа. Виділений газ вводили в реактор попередньо вакуумованої системи спалювання. Режим реакції – верхня піч - 600°C , нижня піч – 900°C , час спалювання – 0,5 г за включеного циркуляційного насосу. Отриманий CO_2 після очистки збирали в ампули. Для виокремлення вуглекислого газу була використана методика його осадження в насиченому розчині $\text{Ba}(\text{OH})_2$ у вигляді BaCO_3 [Алексеев, Лебедев, 1977]. Для здійснення цього процесу розроблена система барботування газу по кільцю з допомогою циркуляційного насосу. BaCO_3 розкладали до CO_2 за хлористо-свинцевим методом. Ізотопні аналізи виконані на мас-спектрометрі МІ-1201В з системою напуску газу СПВП-8 в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України. Робочим стандартом був CO_2 , виділений з кальциту. Точність вимірів – $\pm 0,5\%$.

Базуючись на результатах виконаних аналізів, $\delta^{13}\text{C}$ вугілля з стратиграфічно різних вугільних покладів (l_1 , l_4 , m_3) шахти імені О.Ф. Засядька (вугілля марки Ж) та пласта k_5^B шахти Червонолиманська (вугілля марки Г), характеризується близькими значеннями: l_1 – від $-26,80$ до $-22,75\%$, l_4 - від $-27,20$ до $-24,00\%$, m_3 – від $-24,73$ до $-23,63\%$ і k_5^B – від $-24,23$ до $-23,54\%$. Такі величини відображають гумусовий склад вихідного органічного матеріалу, а середнє значення $\delta^{13}\text{C} \sim -25,5\%$ є дещо нижчим від притаманних для вугілля вугільних басейнів Європи ($\delta^{13}\text{C} = -23$ – -24%).

$\delta^{13}\text{C}$ вільного метану з проб шахти імені О.Ф. Засядька змінюється від $-32,42$ до $-22,72\%$ у пласті l_1 та від $-20,40$ до $-42,50\%$ у пласті m_3 , а з пласта k_5^B шахти Червонолиманська – від $-37,58$ до $-34,51\%$, характеризуючи менший розкид значень, а також, за меншим середнім значенням чітко фіксуючи менший метаморфізм органічної речовини вугілля марки Г в останній. $\delta^{13}\text{C}$ вільного вуглекислого газу змінюється від $-24,88$ до $-14,84\%$ в пласті l_1 і від $-21,90$ до $-13,74\%$ в пласті m_3 шахти імені О.Ф. Засядька, та від $-20,75$ до $-8,12\%$ в пласті k_5^B шахти Червонолиманська.

На класифікаційній діаграмі генезису вугільних газів в координатах $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ - $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ (рис. 1), всі проаналізовані проби, а також дані аналізів ізотопного складу метану й вуглекислого газу, зібрані в результаті опрацювання наукових публікацій по даній тематиці, потрапляють в поле газу, який виникає термогенним шляхом.

Відмічається дуже високий розкид значень $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ за більш-менш сталої концентрації $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$, що свідчить про присутність чужорідного газу, збагаченого на діоксид вуглецю у вугільних пластах. Таким чином, для більшості проаналізованих проб встановлюється утворення метану й частки вуглекислого газу у вугільних пластах “in-situ”. Їх кількісний та ізотопний склад характеризує фонові значення, які змінюються в зонах метанозбагачення.

Особливо великий розкид значень $\delta^{13}\text{C}$ метану й вуглекислого газу спостерігається вздовж розроблюваних покладів на невеликій відстані близько зон розвитку тектонічних порушень у гірничих виробках шахт (рис. 2, 3). За наявності аномально низьких значень $\delta^{13}\text{C}$ газів особливо цікаві з точки зору присутності в зонах відбору проб обох пластів шахти А.Ф. Засядька метанозбагачених ділянок, які, при наближенні лав до зон розвитку тектонічних порушень, зумовлювали раптові викиди газу й породи в гірські виробки, а в пласті шахти Червонолиманська – зони тектонічних порушень, приуроченої до Глибокоярського скиду.

За процесів піролізу вугілля встановлюється така закономірність між $\delta^{13}\text{C}$ виділених компонентів: $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}} < \delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} < \delta^{13}\text{C}_{\text{HC}} < \delta^{13}\text{C}_{\text{вугілля}} < \delta^{13}\text{C}_{\text{древесне вугілля}} < \delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$. У більшості з досліджених проб різниця ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} - \delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$) змінюється в інтервалі значень від $-5,42$ до $-17,03\%$ в пласті l_1 , від $-0,95$ до $-11,76\%$ в пласті m_3 й від $-15,37$ до $-28,93\%$ у пласті k_5^B шахт імені О.Ф. Засядька і Червонолиманська, відповідно. Це цілком прийнятно для фракціонування ізотопів вуглецю між

метаном і вуглекислим газом за каталітичного розкладу органічної речовини, однак характеризує занадто широкий розкид значень для одного й того ж пласта на відстані кількох десятків метрів простягання.

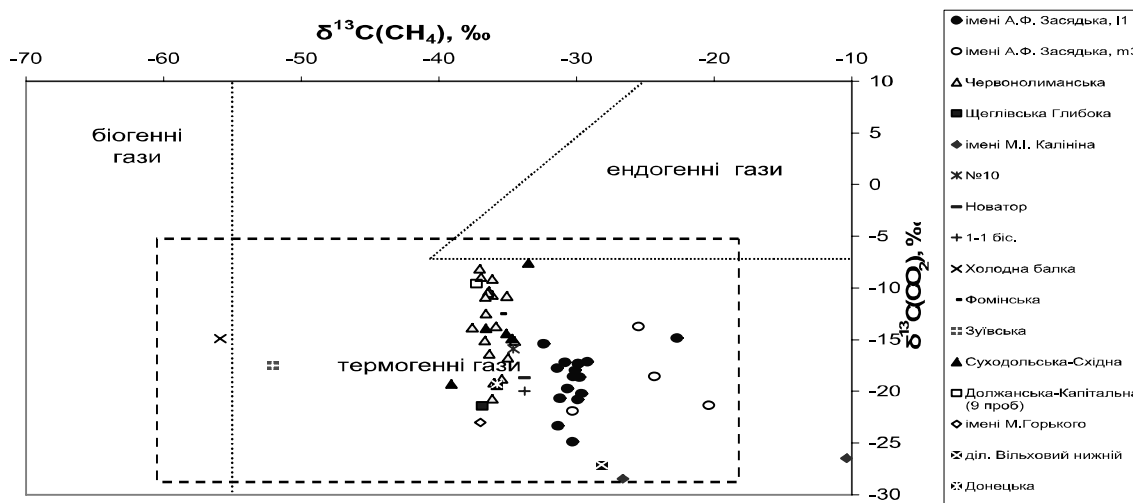


Рисунок 1 – Фігуративні точки на класифікаційній генетичній діаграмі в координатах $\delta^{13}\text{C}$ метану - $\delta^{13}\text{C}$ вуглекислого газу.

В пластах k_5^B Червонолиманської шахти та пласті I_1 шахти імені О.Ф. Засядька спостерігається досить явне зниження величини ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} - \delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$) в зонах метанозбагачення, приурочених до зон розвитку тектонічних порушень (рис. 2, 3). Для дослідженої зони метанонасиченості у пласті m_3 кількості проб недостатньо для спостереження якихось закономірностей. На ділянках підвищеного метанонасичення, які приурочені до зон тектонічної порушеності, також спостережено підвищення долі CO_2 і зниження кількісного співвідношення H_2/He .

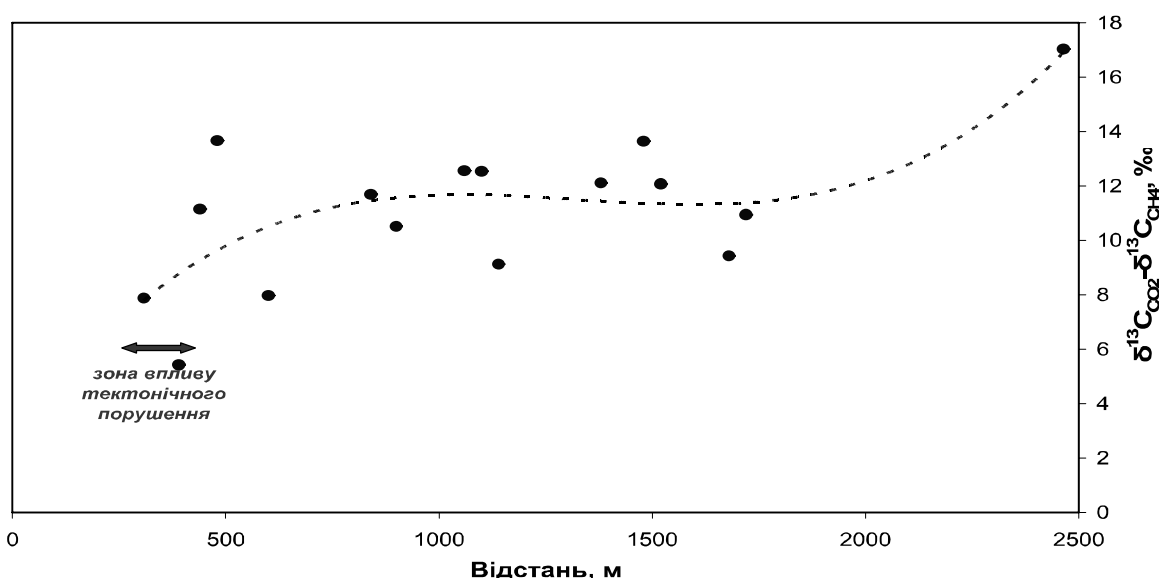


Рис. 2. Варіації величини ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} - \delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$) вздовж 13-ї східної лави пласта I_1 у шахті імені О.Ф. Засядька.

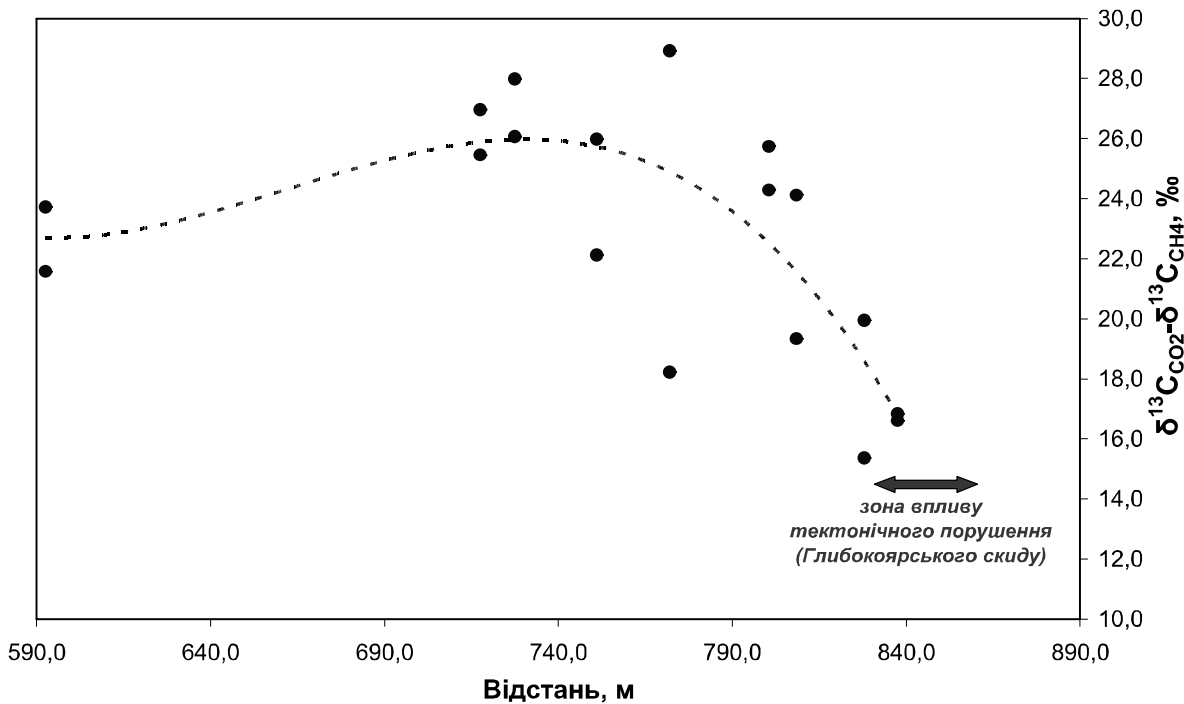


Рис. 3. Варіації величини ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} - \delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$) вздовж 11-го північного конвєрсного штреку по пласту k_5^B у шахті Червонолиманська.

Таким чином, можна зробити попередній висновок, що зони високої метанонасиченості характеризуються зближенням ізотопного складу вуглецю метану й вуглекислого газу у порівнянні з фоновим середовищем вугільного пласта. Необхідно відмітити, що таке зближення відбувається з ростом метаморфізації вугілля чи за фракціонування ізотопів вуглецю між CH_4 і CO_2 , яке може відбуватися за температур, вищих ~ 200 °С. Отримані дані можуть однозначно свідчити, що метанозбагачені зони утворюються за підтоку газів з глибокозалягаючих вугільних пластів чи глибинного джерела

Бібліографічний список:

1. Алексеев Ф.А., Лебедев В.С. Изотопный состав углерода угля, CH_4 и CO_2 угольных месторождений юго-западной части Донецкого бассейна // Геохимия №2, 1977, С. 306-311.
2. Алексеев Ф.А., Войтов Г.И. и др., Метан, М.: Недра, 1987, 130 с.
3. Анциферов А.В., Тиркель М.Г., Хохлов М.Т., Привалов В.А., Голубев А.А., Майборода А.А., Анциферов В.А. Газоносность угольных месторождений Донбасса. Киев, 2004, Наукова Думка, 232 с.
4. Войтов Г.И., Кравцов А.И., Есиков А.Д., Карпов В.П. Некоторые особенности метаморфизма органического вещества каменноугольных пластов Донбасса по изотопным данным. VIII Всесоюзный симпозиум по стабильным изотопам в геохимии. Тез. докл. М., 1980, с. 362-363.
5. Гаврилов Е.Я., Ермаков В.И., Теплинский Г.И. и др. Об изотопном составе углерода метана угольных газов Донбасса. XI Всесоюзный симпозиум по геохимии стабильных изотопов. Тез. докл. М., 1986, с. 82-84.