

7. Геологічна будова Кримського передгір'я у межах Альма-Салгирського межиріччя / [Заїка-Новацький В.С., Гук В.І., Нероденко В.М. Соколов І.П.]. – К.: Видавниче об'єднання «Вища школа», видавництво при Київському державному університеті, 1976. – 84с.
8. Теория и методология экологической геологии / [ред. В.Т. Трофимов]. – М.: Издательство МГУ, 1997. – 368с.
9. Экологические функции литосферы / [ред. В.Т. Трофимов]. – М.: Издательство МГУ, 2000. – 432с.
10. Эколого-геологические карты. Теоретические основы и методика составления: [учебное пособие / ред. В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, М.А. Харькина] – М.: Высшая школа, 2007. – 407с.
11. Глинистые породы Украины / [ред. Е.И. Литовченко, Г.В. Карпова, А.Д. Додатко и др.]. – Киев: Наукова Думка, 1982. – 248с.
12. Лобасов П.Д. Опыт использования плотных структурных глин для возведения профилейных земляных сооружений / П.Д. Лобасов // ВНИИГС сборник трудов №4. Вопросы механики грунтов – Л., М., 1954. – С. 5-27.
13. Климатический атлас Крыма / [ред. И.П. Веда]. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. – 120с.
14. Захист гірських автомобільних доріг від зсувів (на прикладах гірських регіонів України) / [ред. М.Д. Куцика]. – Коломия, 2003. – 426с.
15. Рудько Г.И. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты) / Г.И. Рудько, И.Ф. Ерыш. – К.: Задруга, 2006. – 624с.
16. Клюкин А.А. Экзогеодинамика Крыма / А. А. Клюкин. – Симферополь: ГП «Издательство «Таврия», 2007. – 320с.
17. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Крым / [ред. М.М. Айзенберг, М.С. Каганер]. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1966. – Т.6: Выпуск 4. – 344с.
18. Сухорученко С.К. Эколого-геологическое состояния нижнемеловых глин г. Симферополя / С.К. Сухорученко // Строительство и техногенная безопасность. – 2007. – №18. – С. 119-125.
19. ДБН В.1.1-12:2006. Строительство в сейсмических районах Украины. – Взамен СНиП II-7-81*; Введ. 02.01.2007. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 2006. – 84с.
20. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. – М.: МосЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1987. – 26с.
21. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95). Грунти. Класифікація. – Взамін ГОСТ 25100-82; Введ. 01.07.1996. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 1997. – 43с.

УДК 550.84:550.42:546.02

*В.Г. Суярко, д.г.-м.н., професор,

**С.В. Кривуля, директор,

*Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,

**Український науково-дослідний інститут природних газів

ИЗОТОПИ ВУГЛЕЦЮ МЕТАНУ – ЯК КРИТЕРІЙ ДОСЛІДЖЕНЬ СКУПЧЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ

Розглянуто можливості використання ізотопів вуглецю метану для визначення джерел генерації та шляхів міграції вуглеводнів у літосфері.

Ключові слова: ізотоп вуглецю, вуглеводні, термокаталітичні перетворення, джерело генерації, шляхи міграції.

В.Г. Суярко, С.В. Кривуля. ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА МЕТАНА – КАК КРИТЕРИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ. Рассмотрены возможности использования изотопов углерода метана для определения источников генерации и путей миграции углеводородов в литосфере.

Ключевые слова: изотоп углерода, углеводороды, термокаталитические преобразования, источник генерации, пути миграции.

Актуальність та аналіз попередніх досліджень. Серед найважливіших задач досліджень скупчень вуглеводнів - визначення джерел їхньої генерації та шляхів міграції у геоструктурні та неструктурні об'єкти нафтогазоносності. Одним з важливих критеріїв цього процесу є вивчення ізотопів вуглецю метану в надрах. Існує реальна можливість за співвідношенням ізотопів $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ встановлювати параметри формування покладів нафти та газу і створювати обґрунтовані просторово-генетичні моделі їх родовищ. Цим і обумовлюється актуальність теми статті.

Дослідженню ізотопного складу вуглецю вуглеводнів присвячено роботи багатьох американських (Дж. Баркер, С. Полок, Б. Тиссон, І. Хант, М. Шоел та ін.), європейських (Д. Клемент, М. Кох, Е. Фебер, В. Шталь та ін.), російських (Ф. Алексєєв, Є. Галімов, Л. Зорькін, В. Карпов, Г. Крилова, С. Махов та ін.), а також українських (Г. Доленко, М. Братусь, Г.Мамчур, О. Лукін, В. Краюшкін, З. Ковалишин, Г. Лепілов, В. Гулій та ін.) науковців.

Метою статті є показати важливість ізотопно-геохімічних досліджень при вирішенні різних задач нафтогазової геології.

Викладення основного матеріалу. Ізотопні дослідження, що проводилися у різних регіонах, вказують на можливість отримання інформації, яка значно підвищує вірогідність результатів прогнозування, пошуку та розвідки родовищ нафти і газу [8]. Причому таку інформацію можна отримати, аналізуючи метан продуктивних товщ і газопроявів, розсіяний метан приповерхневих горизонтів, а також метан, що розвантажується у флюїдних потоках по зонах глибинних розломів [4, 12]. Ізотопний склад вуглецю вказує на наявність та процентне співвідношення легкого ($\sigma^{12}\text{C}$) та важкого ($\sigma^{13}\text{C}$) ізотопів вуглецю і відповідно бактеріально-органогенного та термокаталітичного метану, як у продуктивних товщах гірських порід, так і в конкретних родовищах. Ізотопний склад вуглецю метану термокаталітичного генезису визначається, головним чином, типом та ступенем катагенезу або метаморфізму материнської речовини. Пропорційно зростанню температур та тисків у земних надрах (глибоких горизонтах палеозою) метан збагачується важким ізотопом $\sigma^{13}\text{C}$.

Ізотопний склад вуглецю метану у нафтогазоносних басейнах визначається умовами генерації вуглеводнів по всьому розрізу земної кори. Це накладає певний відбиток на розподіл його важкого ізотопу $\sigma^{13}\text{C}$ – від -95 до -25%. В той же час існує специфіка процесів ізотопного фракціонування цього елемента. У верхніх шарах осадових гірських порід, де переважають процеси бактеріального розкладу органічної речовини, утворюється метан, вуглець якого до 95% представлений легким ізотопом $\sigma^{12}\text{C}$. Зі збільшенням глибини все важливішу роль відіграє абіогенне термокаталітичне перетворення органічної речовини з утворенням помітних кількостей важкого ізотопу вуглецю $\sigma^{13}\text{C}$. У глибинних зонах метаморфізму палеозойських порід значення $\sigma^{13}\text{C}$ можуть досягати -25% [7, 8].

Метан, що знаходиться у складі магматичних газів і має майже виключно абіогенне походження, характеризується вмістом $\sigma^{13}\text{C}$ від -3 до -2% [2, 6, 9]. Метан, що утворився за участю переважно важкого ізотопу вуглецю ($\sigma^{13}\text{C} = -0,7\%$), спостерігається у газово-рідинних включеннях мінералів вивержених магматичних порід [3]. Ці факти вказують на можливість неорганічного синтезу метану в ендегенних умовах надвисоких температур і тисків.

Розподіл важкого ізотопу вуглецю ($\sigma^{13}\text{C}$) метану у вертикальному розрізі літосфери дозволяє накреслити (згори/униз) схему ізотопної геохімічної зональності, яка відбиває термоба-

рометричні умови осадових нафтогазоносних порід на різних глибинах [1, 5, 10]:

- зона біогенного газотворення ($\sigma^{13}\text{C}$ від -95 до -60%);
- верхня термокаталітична зона ($\sigma^{13}\text{C}$ від -60 до -30%);
- нижня термокаталітична зона ($\sigma^{13}\text{C}$ від -30 до -25%).

Існують різні варіанти ізотопної зональності нафтогазоутворення [1, 4, 11 та ін.], але найдосконалішою з них можна вважати схему американського геолога М. Шоела [10].

Як за природної геологічної міграції по зонах розуцільнення гірських порід, так і в процесі видобування вуглеводнів легкі і важкі ізотопи метану, що утворилися у фізико-хімічних умовах різних глибин, постійно змішуються. Через це ізотопні показники $\sigma^{13}\text{C}$ у складі метану часто виходять за межі окремих генетичних типів. Масштаби цього явища у різних нафтогазоносних басейнах часто відрізняються, що залежить від геологічної історії їх розвитку, глибини відбору проб газу, а також особливостей окремих нафтогазоносних геологічних структур, кожна з яких характеризується своєрідною будовою, власним режимом тектонічних (включно з сучасними) рухів та флюїдним тепломасопереносом. Через це ізотопна зональність вуглецю метану в межах різних геологічних структур може значно відрізнятись.

На більшості вуглеводневих родовищ Дніпровсько-Донецької западини вміст важкого ізотопу вуглецю у метані в інтервалі глибин 4,5-5,5 км коливається від -41 до -43% (табл. 1).

З наведених у таблиці даних можна побачити тенденцію до збільшення ізотопу $\sigma^{13}\text{C}$ у метані з глибиною. Однак, в окремих випадках на значно менших за 4000 м глибинах спостерігається збільшення вмісту важкого ізотопу вуглецю у метані (Рибальське родовище, інтервал глибин 3270-3310 м, $\sigma^{13}\text{C} = -37,72\%$), що, на нашу думку, можна пояснити інтенсивнішим надходженням вуглеводневих метановміщуючих флюїдів у продуктивні горизонти з нижньої термокаталітичної зони літосфери.

Вивчення міграційних потоків метану ізотопно-геохімічним методом дозволяє відповісти на багато питань нафтогазової геології, зокрема, і про регулярні щорічні припливи до видобуваного простору Шебелинського газоконденсатного родовища за 2 млрд. куб. м метану після суттєвого зниження запасів природного газу і конденсату з продуктивних верхньокам'янувгільно-нижньопермських горизонтів.

За результатами ізотопно-геохімічних досліджень можливо не лише встановлювати присутність різних генетичних форм метану у пок-

Ізотопний склад вуглецю метану деяких нафтогазових родовищ Дніпровсько-Донецької западини (за Л. Зорькіним, Г. Блохіною, В. Ланчинським, С. Маховим, 1988)

№ п/п	Назва родовища	№ свердловини	Горизонт	Інтервал, м	Значення $\sigma^{13}\text{C}$ у метані
1.	Клинсько-Червонознам'янське	129	В-16	4609-4641	-41,81
2.	Сорочинське	469	В-18	4000-4020	-42,37
3.	Андріївське	2	В-19	4578-4632	-42,37
4.	Камишнянське	488	Т-1	5847-6074	-37,80
5.	Мачехське	500	Т	5188-5247	-39,30
6.	Рибальське	29	В-18	3287-3339	-41,46
7.	Артюховське	74	В-19	4021-4065	-43,46
8.	Анастасіївське	93	В-26	4785-4804	-44,78
9.	Волошковське	1	В-20	4973-5015	-46,25
10.	Харківцевське	8	В-16	4614-4630	-43,14
11.	Великобубнівське	106	В-15	2900-2929	-42,50

ладі, а також шляхи міграції вуглеводневих флюїдів до нафтогазоносних геологічних структур. Проте найважливішим є те, що за ізотопним складом вуглецю метану цілком реальним є не лише прогнозування просторового положення джерела генерації вуглеводнів у надрах, а й визначення глибини його знаходження [12]. У більшості випадків це можливо навіть тоді, коли ізотопні аномалії формуються у відкладах, що перекривають продуктивні комплекси. У таких випадках для коректності висновків слід використовувати додаткові показники [8]. Але за будь-яких обставин усі висновки, пов'язані з ізотопним складом вуглецю метану, повинні ґрунтуватися на конкретних геолого-геохімічних умовах території досліджень.

Висновки. Наведені матеріали дозволяють зробити наступні висновки:

1. На основі аналізу розподілу різних генетичних форм ізотопів вуглецю метану у покладі вуглеводнів можливо встановлення просторового положення і глибини залягання джерела їх генерації.

2. Дослідження ізотопного складу вуглецю метану дозволяє визначати шляхи міграції вуглеводневих флюїдів до нафтогазоносних геологічних структур.

3. Ізотопний склад вуглецю метану є важливим критерієм досліджень скупчень вуглеводнів у земних надрах.

Література

1. Алексеев Ф. А. Изотопный состав природных углеводородов и условия образования залежей природного газа / Ф. А. Алексеев, В. С. Лебедев, Т. А. Крылова // Советская геология. – 1972. – № 4. – С. 48-56.
2. Бескровный А. С. Изотопный состав углерода природных газов Камчатки / А. С. Бескровный, Е. И. Кудрявцева, В. А. Лобков // Геохимия, - 1975. – № 11. – С. 1660-1667.
3. Галимов Э. М. Изотопы углерода в нефтегазовой геологии / Э. М. Галимов. – М. : Недра, 1973. – 183 с.
4. Зорькин А. М. Изотопный состав углерода метана рассеянных газов / А. М. Зорькин, С. Л. Зубайраев, Т. А. Крылова // Геология нефти и газа. – 1986. – № 4. – С. 48-49.
5. Зорькин Л. М. Использование изотопного состава углерода метана при геохимических поисках залежей нефти и газа / Л. М. Зорькин, Т. А. Крылова // Изотопные и битуминологические методы при поисках нефти и газа. – М. : ВНИИгеоинформ систем, 1988. – С. 3-15.
6. Крейг Г. Геохимия стабильных изотопов углерода / Г. Крейг // Изотопы в геологии. – М., 1954. – С. 440-494.
7. Мамчур Г. П. К геохимии изотопов углерода в эндогенных образованиях / Г. П. Мамчур // Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах). – К. : Наукова думка, 1978. – С. 25-35.
8. Панкина Р. Г. Информативность изотопного состава углерода метана для поисков залежей углеводородов в разных геолого-геохимических обстановках / Р. Г. Панкина, М. В. Дахнова, С. М. Гуриева // Изотопные и битуминологические методы при поисках нефти и газа. – М. : ВНИИгеоинформ систем, 1988. – С. 14-19.