

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВУГЛЕВОДНЯМИ ТЕРИТОРІЇ БОРИСЛАВСЬКОГО НАФТОГАЗОВОГО РОДОВИЩА

У роботі проаналізовано фракційний склад проб газоповітряної суміші, відібраних з дегазаційних свердловин центральної частини міста. Розраховано коефіцієнти аномальності вуглеводнів та оцінено вибухонебезпечність газу.

Ключові слова: *атмосферне повітря, вуглеводні, забруднення, загазованість, дегазаційна свердловина.*

The composition of samples of air-gas mixture, taken from degassing wells of the central part of the city, was analysed in the work. The factors of the concentration of hydrocarbons were calculated and the danger of gas explosion was estimated.

Key words: *atmospheric air, hydrocarbons, pollution, gassing, degassing well.*

Забруднення атмосфери вуглеводневими газами – суттєва екологічна проблема процесу нафтогазовидобутку. Зокрема, відомо, що газоподібний вуглеводень метан (CH_4) створює глобальну загрозу для навколишнього середовища, оскільки спричиняє парниковий ефект. Дія метану у 21 раз більша в розрахунку на кожну молекулу, ніж вуглекислого газу (CO_2), темпи забруднення атмосфери метаном у вісім разів вищі, ніж вуглекислим газом. Загальна кількість CH_4 , яка щорічно потрапляє в атмосферу, згідно з розрахунками науковців, оцінюється у 700 – 900 млн. т. Тільки одна Передкарпатська нафтогазоносна провінція щодоби з 1 м^2 денної поверхні викидає в повітря пересічно $n \times 10^{-1} - n \times 10^{-7} \text{ м}^3$ природного газу, у якому вміст CH_4 становить 80 % [5].

Отже, вивчення процесів забруднення атмосфери вуглеводневими газами є надзвичайно важливим, і особливо актуальним для тих районів, де видобуток нафти та газу здійснюється тривалий період. Одним із найхарактерніших прикладів таких районів в Україні є міська агломерація м. Борислав, яка розташована в межах однойменного нафтогазового родовища, що в Бориславсько-Покутській зоні Передкарпатського прогину.

Місто Борислав Дрогобицького району Львівської області – нафтогазовидобувна міська природно-техногенна система (ПТС), тобто територія, де втручання людини в геологічне середовище та природні процеси набуло значних масштабів [2]. Населений пункт розміщений на території нафтогазових та озокеритових промислів. Об'єкти нафтогазового та гірничо-видобувного господарств стали його органічною

складовою. І хоча масштаби забруднення довкілля продуктами їхньої діяльності, внаслідок вичерпання запасів цих корисних копалин та природоохоронних заходів, за останні роки значно зменшились, стан урбосередовища на сьогоднішній день ще далеко не відповідає міжнародним екологічним стандартам. Головний негативний чинник – постійна присутність у ґрунтовому покриві та повітряному басейні небезпечних для життєдіяльності концентрацій газоподібних вуглеводнів – супутнього нафтового газу, який у поєднанні з іншими забруднювальними речовинами (автомобільні викиди, промислові та побутові відходи) наносить значну шкоду природному середовищу.

Місто розміщене на південний захід від Львова (96 км). Воно має залізничну станцію, обіймає площу 2993 га, під забудовою – 999 га. Уперше поселення м. Борислав згадується в документах, датованих 1387 роком.

Підвищені концентрації газоподібних вуглеводнів у атмосфері цього населеного пункту існували давно, адже нафтомісткі породи (які є, водночас, і газогенеруючими) тут виходять на денну поверхню. Ситуація різко загострилася з початком розробки родовища у другій половині XIX століття. За літературними даними, в межах м. Борислав у кінці XIX – на початку XX століть було споруджено приблизно 20 тис. шахт та колодязів для видобування нафти та озокериту глибиною до 100 м.

Багато років у м. Борислав недооцінювали роль природного газу як засобу опалювання, а також раціональної експлуатації нафтових покладів. Його вважали за перешкоду під час буріння, яку намагались усунути або знешкодити, наприклад, закачуючи воду під тиском. А після розкриття нафтового покладу газ вільно випускали у повітря. Нікому непотрібний, він виходив через бурові вежі і завдяки переломленню світла, його було видно неозброєним оком на великих відстанях [2]. Тоді не вбачали користі від опалення газом, бо за придбаний газ треба було платити готівкою підприємцю, а власної нафти було вдосталь. Великі фінансові втрати внаслідок частих пожеж на свердловинах стали поштовхом для створення газової галузі (1909 рік) [2]. Але і надалі його велика кількість потрапляла в атмосферу через негерметичне технологічне обладнання та внаслідок випаровування з нафти, яка зберігалась у нафтозбірниках.

Від хижачької розробки надр надзвичайно сильно страждали ґрунти і повітряний басейн через явища, яке зараз отримало назву загазованості, тобто забруднення природним газом (передовсім, метаном та його гомологами).

Загазованість у широкому розумінні – це зміна природного хімічного складу атмосфери внаслідок природних або техногенних факторів. Як правило, йдеться про наявність у повітрі газів, що призводять до зміни властивостей довкілля, утворення фізичних, біологічних фак-

торів і (або) хімічних сполук, що можуть негативно впливати на здоров'я людини та на стан навколишнього природного середовища.

Ліквідація відпрацьованих, малоефективних (малодебітних) свердловин відбувалася стихійно. У кінці 20-х років ХХ століття більшість шахт-колодязів припинили існувати, вони були ліквідовані без будь-яких технологічних вимог до герметизації, їхнє місцеположення у багатьох випадках зараз невідоме. Кількість свердловин протягом ХХ століття у зв'язку з подальшою розвідкою та експлуатацією Бориславського родовища зростає. Багато з них є джерелами високих концентрацій природного газу, особливо ті, що пробурені у ХІХ столітті і мають негерметичну конструкцію стовбура. Деякі ліквідовані свердловини, шахти або колодязі нині є під фундаментами будівель. Велика кількість старих свердловин не мають топогеодезичної прив'язки.

Сучасний стан ПТС міста можна охарактеризувати як кризовий. Причиною є постійна присутність у доквіллі природного газу, концентрація якого у ґрунтовому повітрі в окремих пунктах перевищує 1 об. % (відсотковий вміст в одиниці об'єму – як правило в 1 м³), створюючи вибухонебезпечні концентрації.

Загазованість м. Борислав є проблемою загальнодержавного значення, оскільки її вивчення та розв'язання в останні роки здійснюється за урядовими програмами: «Програма заходів щодо подолання соціально-економічних та техногенних наслідків довготривалого нафтовидобування в Бориславському нафтопромисловому районі на 1996 – 2000 роки», «Програма невідкладних заходів із запобігання загостренню екологічної і соціальної ситуації у м. Бориславі на 2001 – 2005 роки» та «Комплексна програма охорони навколишнього середовища м. Борислава та смт. Східниці на 2001 – 2010 рр.». Крім того, питання сучасного стану вивчення загазованості приземного шару атмосфери території міста систематично порушується в Національній доповіді України про охорону навколишнього середовища [1998, 2001, 2002 рр.].

Геохімічними дослідженнями, проведеними Українським науково-дослідним геологорозвідувальним інститутом на території м. Борислав до 1994 року, виявлено 135 зон з аномально високим вмістом вуглеводнів у ґрунті (від 0,25 до 6,0 об. %).

З 2000 року Центр аерокосмічних досліджень Землі інституту геологічних наук НАН України (ЦАКДЗ ІГН НАН України) проблему загазованості м. Борислав вивчає із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі. Ним проведено «Геохімічний контроль стану загазованості повітряного басейну м. Борислав із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі», (автори Мичак А. Г. Кудряшов О. І., м. Київ, 2002 рік) [5] та побудовано карти геохімічних аномалій території м. Борислав, які відобра-

жають понад 40 аномалій. Наступна науково-технічна робота ЦАКДЗ ІГН НАН України – «Виявлення покинутих шахт-колодязів та свердловин Бориславського нафтогазового родовища із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі», (автори Мичак А. Г, Кудряшов О. І. та ін., м. Київ, 2002 рік) [1]. Головним результатом виконаної роботи є карта діючих та покинутих свердловин і шурфів-колодязів (у масштабі 1:5 000). Карту виконано у цифровому вигляді та представлено у друкованій формі.

Еколого-геохімічна зйомка вибраних площ м. Борислав, проведена Львівським відділенням Українського державного геологорозвідувального інституту у вересні 2001 року, окрім наявності нафтохімічного забруднення ґрунтів та поверхневих вод виявила, що ґрунти на всій території насичені сорбованими формами вуглеводневих газів, а їхні вільні форми за своїм складом засвідчують глибинний генезис газів під впливом покладів Бориславського нафтогазоконденсатного родовища [4].

У 2004 році ЦАКДЗ ІГН НАН України, відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 листопада 2001 року № 544–р про затвердження «Програми невідкладних заходів із запобігання загостренню екологічної і соціальної ситуації у м. Бориславі на 2001 – 2005 роки», виконав тему: «Виявлення покинутих шурфів-колодязів та свердловин території м. Борислава із застосуванням матеріалів дистанційного зондування землі» [2]. Ця тема продовжує дослідження з виявлення та картографування джерел природного газу – покинутих шахт-колодязів та свердловин, що розпочалися у 2000 році і тривали у 2001 та 2002 роках.

З 2003 року і до сьогодні Відділенням фізико-хімії горючих копалин інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. Литвиненка НАН України проводиться моніторинг підземних вод, загазованості та забруднення ґрунтів на території м. Борислав.

Для зменшення негативного впливу нафтогазової промисловості на атмосферне повітря, насамперед необхідно володіти інформацією про відходи та наслідки їхнього негативного впливу. Тому ми мали на меті проаналізувати та оцінити природне забруднення атмосферного повітря м. Борислав внаслідок тривалого нафтогазовидобутку.

Для цього відібрано та проаналізовано проби газоповітряної суміші з дегазаційних свердловин центральної частини міста. Забудова центральної частини міста сьогодні є над тисячами свердловин і шахт-колодязів, які створюють реальну небезпеку для здоров'я і життя населення. Дегазаційні свердловини є одним із дієвих засобів зменшення загазованості приповерхневих четвертинних відкладів та призначені для контрольованого відбору флюїдів з нафтогазонасичених пластів і зменшення їхньої міграції тріщинами і тектонічними порушеннями. Однак з іншого боку, вони сприяють забрудненню атмосферного повітря.

Територія загазованої ділянки на вул. Міцкевича розташована навколо будинків №: 1, 2, 3, 4, 6, 11 загальною площею 12640 м². З метою зниження загазованості тут пробурено 61-у дегазаційну свердловину. Фракційний склад газу визначався з свердловин № 41 (будинок № 6) та № 160 (будинок № 11).

Висока концентрація вуглеводнів простежується у дегазаційних свердловинах № 2 і № 3, пробурених на хіднику вул. Шкільної, навпроти будинків № 2 і № 4. Ці свердловини не перебувають в полі шахтного газу, який виходить із свердловини № 2016, а мають своє самостійне джерело загазованості у вигляді шахтного газу. На визначення фракційного складу нами була відібрана проба газу з дегазаційної свердловини № 3.

Проби газоповітряної суміші з дегазаційних свердловин відбирали пробовідбірником, подавали у кран-дозатор хроматографа та аналізували на вміст вуглеводневих газів. Лабораторні дослідження проб на вміст вуглеводневих газів проводили у лабораторії промислової хімії НГВУ «Бориславнафтогаз» ПАТ «Укрнафта» за допомогою методу хроматографічного кількісного визначення компонентів [3]. Метод базується на поєднанні газорідинної і газоадсорбційної хроматографії. Вуглеводні C₁ – C₆ та діоксид вуглецю розділяють методом газорідинної хроматографії, а неуглеводневі компоненти (азот, кисень) – методом газоадсорбційної хроматографії. Аналіз проводився в ізотермічному режимі паралельно на двох колонках хроматографа. Результати аналізу об'єднувались.

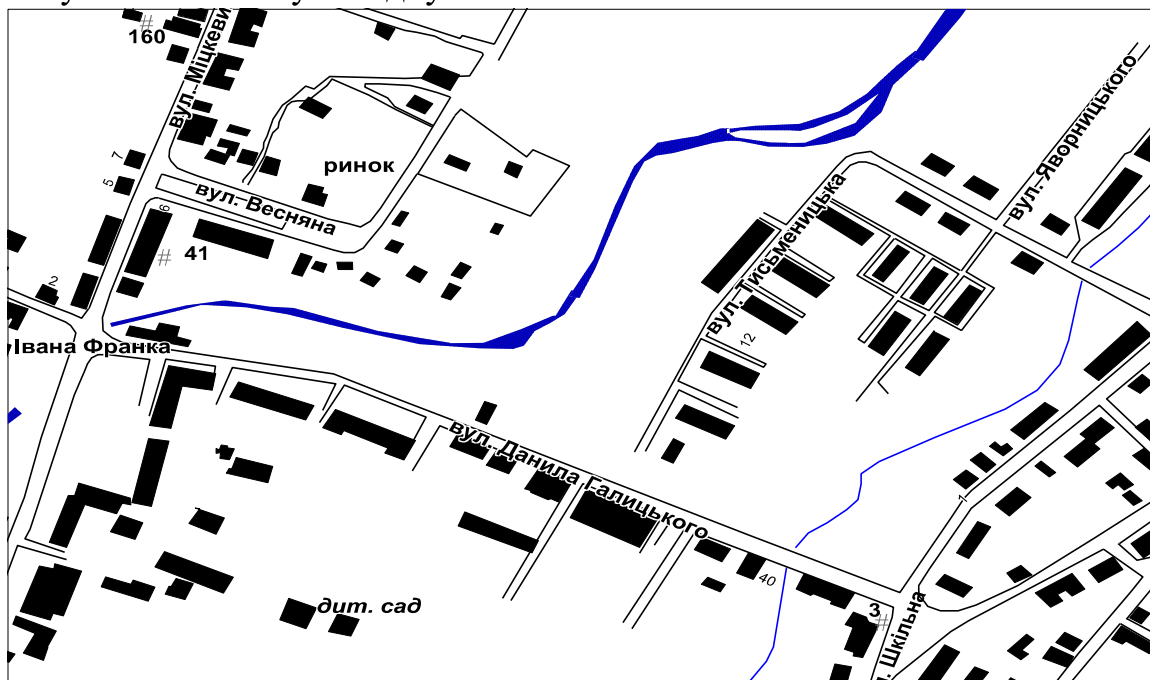


Рис. 1. Контрольні точки відбирання проб з дегазаційних свердловин центральної частини м. Борислав

Серед методичних прийомів (засобів) визначення геохімічного навантаження на ландшафтне середовище широке застосування має аналіз геохімічних коефіцієнтів і показників. Таким є, наприклад, коефіцієнт концентрації або аномальності хімічних елементів (K_{ci}) [7]:

$$K_{ci} = \frac{C_i}{C_{\phi}}, \quad (1)$$

де – C_i – концентрація елементу у досліджуваному ландшафтному компоненті (атмосферному повітрі);

C_{ϕ} – природний фон елементу (концентрація) (табл. 1).

Вуглеводні, мігруючи до поверхні землі, є не лише забрудниками атмосфери, а й причиною виникнення вибухів та пожеж на території міста. Заповнюючи приповерхневі відклади, вони потрапляють у підвальні приміщення будинків і гаражів, каналізаційні колодязі та інші підземні магістралі, внаслідок чого є загроза виникнення надзвичайної ситуації в місті з непрогнозованими наслідками.

Таблиця 1

Фонові концентрації вуглеводневих газів метанового ряду [8]

Найменування	Концентрація, мг/м ³	Концентрація, об. %
метан	20	0,01
етан	2,6	0,0002
бутан	80	0,003
пентан	40	0,001
гексан	24	0,0006

Тому аналізуючи забруднення атмосферного повітря вуглеводнями, потрібно також оцінити рівень вибухонебезпечності (РВ) підґрунтових газів за формулами (2, 3). Для кожної точки випробування розраховується нижній поріг вибуховості багатоконпонентних горючих газів у суміші з повітрям [6]:

$$П = 100 / \left(\frac{C_1}{P_1} + \frac{C_2}{P_2} + \dots + \frac{C_i}{P_i} \right), \quad (2)$$

де – $П$ – нижній поріг вибуховості суміші горючих газів, об. %;

C_1, C_2, \dots, C_i – об'ємна частка горючих газів в суміші, виявлена під час досліджень, %;

P_1, P_2, P_i – нижні пороги вибуховості горючих компонентів газу, об. % (табл. 2).

$$PB = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_i}{П} \quad (3)$$

Результати досліджень наведені нижче

У свердловині № 41 на вул. Міцкевича, 6 максимальна кількість вуглеводнів і, відповідно, найменший нижній поріг вибуховості (PI) та найвищий рівень вибухонебезпечності (PB) спостерігається у червні. Показники ступеня концентрації метану ($K_{c.мет.}$) та етану ($K_{c.ет.}$) перевищують фон від 300 до 1300 разів (рис. 2, табл. 3).

Таблиця 2

Вибухонебезпечні межі вуглеводневих газів метанового ряду [6]

Основні вуглеводневі газу метанового ряду	Нижня та верхня вибухонебезпечні межі	
	об. %	г/м ³
метан	3,1 – 16,0	95 – 500
етан	3,1 – 15,0	39 – 188
пропан	1,9 – 9,5	35 – 174
бутан	1,6 – 8,5	38 – 205
пентан	1,35 – 8,0	41 – 140
гексан	1,2 – 7,4	43 – 265

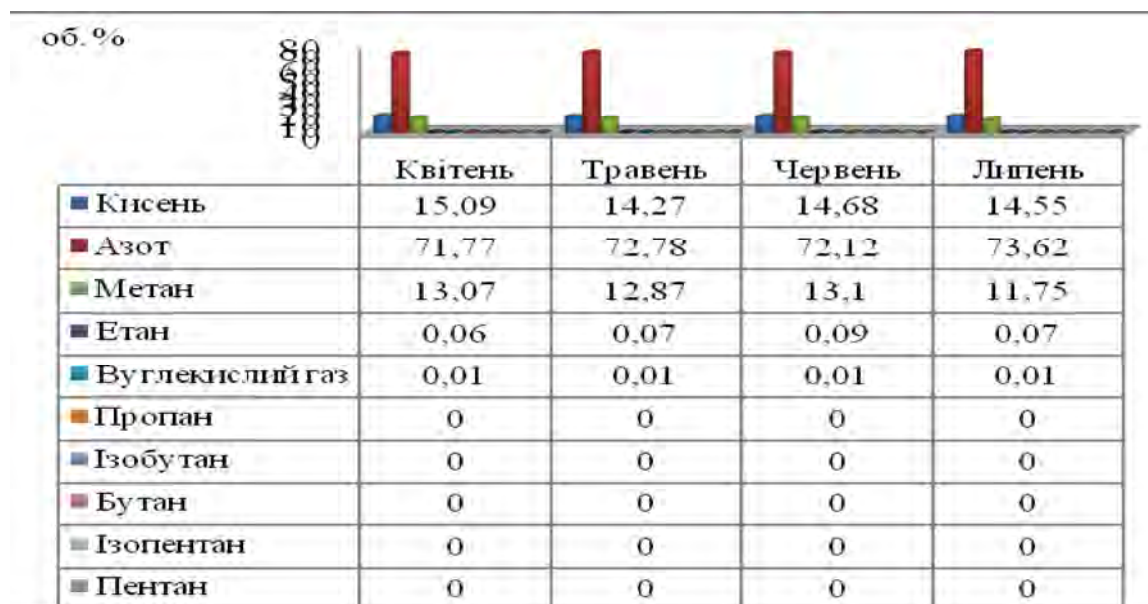


Рис. 2. Уміст вуглеводневих газів у дегазаційній свердловині № 41 на вул. Міцкевича, 6 станом на 2005 рік

Газоповітряна суміш дегазаційної свердловини № 160 на вул. Міцкевича, 11 містить меншу кількість вуглеводнів, порівняно з свердловиною № 41, тому нижній поріг вибуховості тут більший, а рівень вибухонебез-

печності – менший. Однак спостерігається така ж тенденція максимального значення вуглеводнів у червні. Показники ступеня концентрації метану та етану перевищують фон від 50 до тисячу разів (рис. 3, табл. 4).

Таблиця 3

Геохімічні показники газоповітряної суміші дегазаційної свердловини № 41 на вул. Міцкевича, 6 станом на 2005 рік

Коефіцієнти концентрації, нижній поріг вибуховості, рівень вибухонебезпечності	квітень	травень	червень
$K_{с.мет.}$	1307	1287	1310
$K_{с.ет.}$	300	350	450
$П$, об. %	23,61	23,96	23,5
$PВ$	0,56	0,54	0,56
$П_{сер.}$	23,69		
$PВ_{сер.}$	0,55		

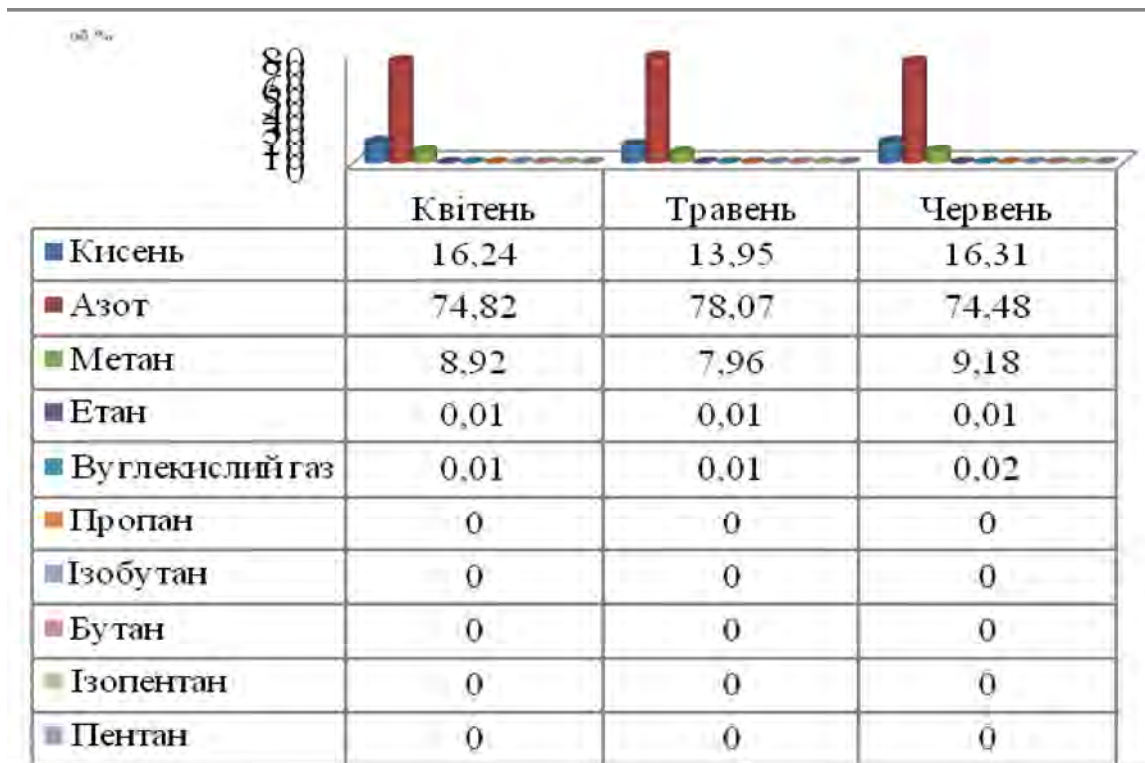


Рис. 3. Уміст вуглеводневих газів у дегазаційній свердловині № 160 на вул. Міцкевича, 11 станом на 2005 рік.

Таблиця 4

Геохімічні показники газоповітряної суміші дегазаційної свердловини № 160 на вул. Міцкевича, 11 станом на 2005 рік

Коефіцієнти концентрації, нижній поріг вибуховості, рівень вибухонебезпечності	квітень	травень	червень
$K_{с.мет.}$	892	796	918
$K_{с.ет.}$	50	50	100
Π , об. %	34,71	38,9	33,73
$PВ$	0,26	0,2	0,27
$\Pi_{сер.}$	35,78		
$PВ_{сер.}$	0,24		

Уміст вуглеводнів у дегазаційній свердловині № 3 на вул. Шкільна, 1 дуже високий. Це відображається у низькому значенні нижнього порогу вибуховості та високому значенні рівня вибухонебезпечності. Показники ступеня концентрації метану та етану перевищують фон у кількасот тисяч разів (рис. 4, табл. 5).

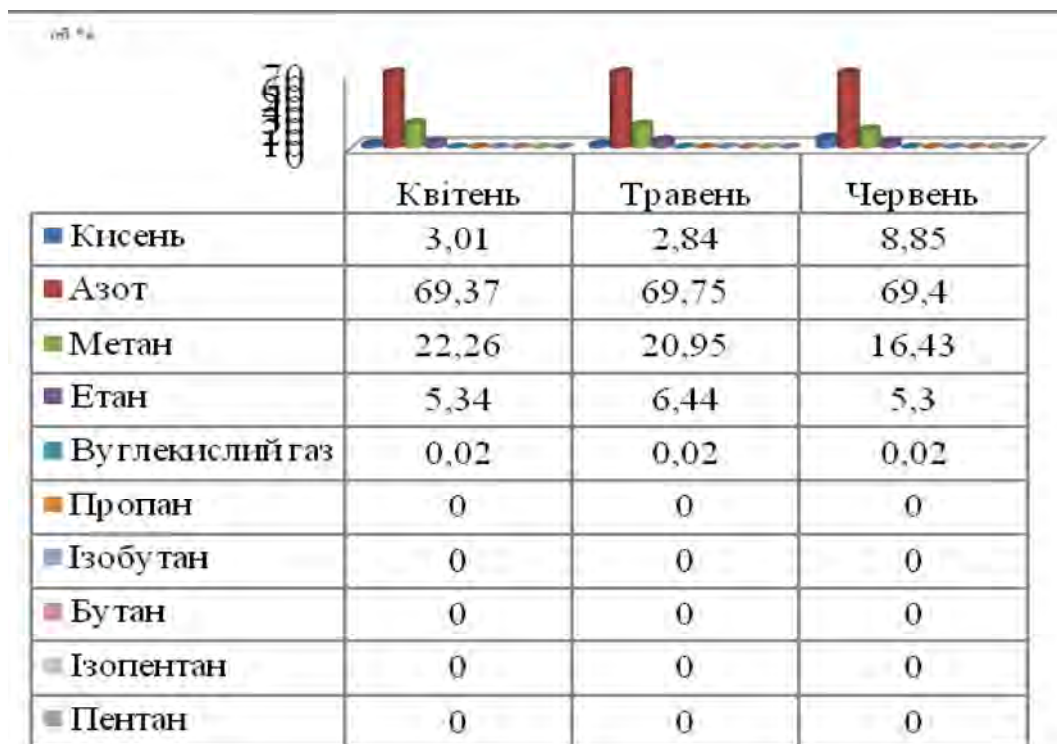


Рис. 4. Уміст вуглеводневих газів у дегазаційній свердловині № 3 на вул. Шкільна, 1 станом на 2005 рік

Геохімічні показники газоповітряної суміші дегазаційної свердловини № 3 на вул. Шкільна, 1 станом на 2005 рік

Коефіцієнти концентрації, нижній поріг вибуховості, рівень вибухонебезпечності	квітень	травень	червень
$K_{с.мет.}$	2226	2095	1643
$K_{с.ет.}$	26700	32200	26500
P , об. %	11,23	11,32	14,27
$PВ$	2,46	2,42	1,52
$P_{сер.}$	12,27		
$PВ_{сер.}$	2,13		

Отже, протягом квітня – червня 2005 року від досліджуваних дегазаційних свердловин в атмосферне повітря м. Борислав надійшла значна кількість вуглеводнів. У всіх точках відбирання з вуглеводнів у газоповітряній суміші присутні лише метан та етан (C_2H_6). На основі цих вимірювань можна зробити висновок, що за вказаний період на виході з дегазаційної свердловини газоповітряна суміш містила у 800 – 2 тис разів більше метану та у 50 – 30 тис разів більше етану, ніж їхнє фонове значення в атмосферному повітрі. Тому, враховуючи те, що на території родовища, і, відповідно, міста пробурено 443 дегазаційні свердловини, нині вуглеводні можна зачислити до головних забруднювальних речовин повітряного басейну м. Борислав.

Крім того, в інших місцях виходу (різні замкнуті приміщення) суміш газу може спричинити вибухи та пожежі у місті. Тому оцінка вибухонебезпечності цієї суміші свідчить про потенційну загрозу виникнення небезпеки. Серед досліджених найвищий середній рівень вибухонебезпечності має суміш газу з дегазаційної свердловини № 3 на вул. Шкільній, 1.

У тексті, таблицях і рисунках подано статистичний матеріал за окремими показниками станом на 2005 рік, тому що основні експериментальні дослідження проводились саме у 2005 році. Водночас усі виявлені закономірності зберігалися упродовж 2006 – 2010 років. Такий висновок ми зробили на підставі повторних спостережень.

Сьогодні вченими доведено, що Бориславське родовище володіє ще 2/3 запасів нафти, порівняно з видобутими [2]. І тому інтенсивна експлуатація покладів дасть змогу знизити пластові тиски та зменшити міграцію вуглеводнів до поверхні землі. І, як результат, – зменшити загазованість та послабити небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій.

Література

1. Виявлення покинутих шурфів-колодязів та свердловин Бориславського нафтового родовища із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі : звіт про створення НТП (заключний) / ВАТ «Укрнафта», «Бориславнафтогаз», НАН України, ЦАКДЗ ІГН НАН України; № ДР 0102003639. – К., 2002. – 90 с.
2. Виявлення покинутих шурфів-колодязів та свердловин території м. Борислав із застосуванням матеріалів дистанційного зондування землі : звіт про створення НТП (заключний) / ВАТ «Укрнафта», «Бориславнафтогаз», НАН України, ЦАКДЗ ІГН НАН України. – К., 2004. – 59 с.
3. Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава (ОКСТУ 0209) : ГОСТ 23781 87. – [Введ. 88. 07. 01]. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 63 с.
4. Геохімічні дослідження впливу на екологію м. Борислав пластових флюїдів Бориславського нафтогазоконденсатного родовища : звіт про створення НТП (в одній книзі) / Л. : Від-ня Укр. держ. геологорозв. ін-ту, 2001. – 63 с.
5. Геохімічний контроль стану загазованості повітряного басейну м. Борислав із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі : звіт про створення НТП (заключний) / ВАТ «Укрнафта», «Бориславнафтогаз», НАН України, ЦАКДЗ ІГН НАН України; № ДР 0102003638. – К., 2002. – 100 с.
6. Горновский И. Т. Краткий справочник по химии / И. Т. Горновский, Ю. П. Назаренко, Е. Ф. Некряч. – К. : Наукова думка, 1987. – 234 с.
7. Гуцуляк В. М. Ландшафтно-геохімічна екологія / Гуцуляк В. М. – Чернівці : Рута, 2001. – 248 с.
8. Проект нормативів гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин для НГВУ «Бориславнафтогаз». – Івано-Франківськ : ІФДТУНГ, 1998. – 200 с.

УДК 54

*Едуард ПАВЛЮК,
Володимир МАРИЧ,
Василь ШУСТУР,
Роман ШАФРАНСЬКИЙ,
Ірина БРИНДЗЯ*

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ХІМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Проблема хімічної безпеки є досить актуальною. У роботі висвітлено основні питання забезпечення хімічної безпеки людства, коротко охарактеризовано шкідливі хімічні речовини та їхній вплив на людський організм, описано легкозаймисті хімічні речовини та основні засоби ліквідації наслідків аварії.

Ключові слова: хімічна безпека, хімічні речовини, пожежа, безпека.

A problem of chemical safety is the issue enough of the day of today. The basic questions of providing of chemical safety of humanity are in-process reflected, short description of harmful chemical matters is done and their influence is described on