

# Екологічна безпека та раціональне природокористування

УДК 504.550.43 (477.8)

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЗАГАЗОВАНІСТІ ТЕРИТОРІЇ БОРИСЛАВСЬКОГО НАФТОВОГО РОДОВИЩА

<sup>1</sup>П.Г. Дригулич, <sup>2</sup>А.В. Пукіш

<sup>1</sup>ПАТ „Укрнафта”, 04053, м. Київ, Несторівський провулок 3-5, тел. (044) 272-54-56,  
e-mail: PDrygulych@ukrnafta.com

<sup>2</sup>Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ „Укрнафта”,  
76019, м. Івано-Франківськ, Північний бульвар ім. О. Пушкіна, 2, тел. (03422) 4-83-29,  
e-mail: eco@ndpi.ukrnafta.com

*Викладено результати досліджень, що стосуються оцінки стану загазованості території м. Борислав. Наведено огляд наукових праць, що стосуються тематики досліджень. Подано результати замірів концентрацій вуглеводневих газів у підвальних приміщеннях будинків на території м. Борислав. Перелічено заходи, що проводяться для зменшення рівня загазованості.*

Ключові слова: вуглеводневі гази, екологічний моніторинг, дегазаційні свердловини, загазованість

*Изложены результаты исследований относительно оценки состояния загазованности территории г. Борислав. Приведен обзор научных трудов по тематике исследований. Приведены результаты измерений концентраций углеводородных газов в подвальных помещениях домов на территории г. Борислав. Перечислены мероприятия, которые проводятся с целью уменьшения уровня загазованности.*

Ключевые слова: углеводородные газы, экологический мониторинг, дегазационные скважины, загазованность

*The article deals with the results of gas pollution estimation of Borislav area. A number of scientific works is listed that consider the subject of the investigation. The results of measuring hydrocarbon concentration are provided in basements on the territory in Borislav. The measures for reducing the level of pollution with gases are presented.*

Keywords: hydrocarbonic gases, ecological monitoring, chinks, a gassed condition

Експлуатація вуглеводневих покладів на території м. Борислава ведеться з кінця XVIII століття. Особливості геологічної будови родовища дозволяли здійснювати видобування нафти за допомогою неглибоких шурфів та колодязів, викопаних вручну місцевим населенням. В сучасних умовах видобуток ведеться за допомогою свердловин, пробурених на значно глибші горизонти. На сьогодні на території міста налічується понад 2000 свердловин та більше 20 000 шурфів-колодязів [1–3].

Перші згадки про нафту в Бориславі відносяться до 1805 р. Уряд Австрійської імперії у 1810 р. видав «Декрет Придворної палати», яким було визнано нафту мінералом і введено державну монополію на видобуток нафти та озокерити.

Для видобутку нафти в обов'язковому порядку слід було отримати ліцензію Департаменту гірництва, який знаходився у м. Дрогобичі. Того ж року було видано перші дозволи на видобуток нафти. Через значні нафтопрояви на денній поверхні із воротиченських і поляницьких відкладів неогену Бориславської глибинної складки було розпочато розробку родовища колодязями, а згодом – неглибокими свердловинами. Розбурювання родовища глибокими свердловинами розпочато в 1886 р. Основний нафтоносний горизонт родовища – бориславський пісковик Бориславської глибинної складки – відкритий у 1887 р.

Довготривала нафтопромислова діяльність як у минулому, так і в сучасності супроводжу-

ється загостренням екологічної ситуації. Основною причиною виникнення екологічних проблем є геохімічні аномалії, що зумовлені підвищенням вмістом вуглеводневих газів у ґрунтовому шарі. Скупчення значної кількості вуглеводневих газів у підвальних приміщеннях житлових будівель та інших споруд спричиняє виникнення небезпечних ситуацій.

Дослідженнями загазованості території міста Борислава тривалий період займалися і продовжують займатися цілий ряд науково-дослідних колективів. Незважаючи на це, рівень загазованості міста за останні роки суттєво не змінився. Доведено, що основною причиною загазованості є розвантаження глибинних флюїдних систем по найбільш активних в теперішній час проникливих зонах — розривних порушеннях.

Причинами газових еманцій є значна природна перфорованість території, а також наявність техногенних шляхів міграції вуглеводнів на денну поверхню — негерметичні шурфи, колодязі, свердловини. Вибудовок нафти із більшою глибиною свердловин Бориславського родовища незначний, проте НГВУ „Бориславнафтогаз“ змушене продовжувати експлуатацію таких свердловин з допомогою вакуумної мережі для відборів сумішей вуглеводневих газів з повітрям, які в протилежному випадку мігруватимуть до поверхні та збільшуватимуть рівень загазованості території. Наочним прикладом цього може слугувати зупинка свердловини 2016 Бориславського родовища для проведення ремонтних робіт у 2010 році. Внаслідок цього збільшилась інтенсивність надходження вуглеводневих газів із шурфів, що розташовані поблизу будинків на вул. Чорновола, а після запуску свердловини в роботу інтенсивність зменшилась. З метою забезпечення екологічної рівноваги та поступового усунення негативних соціальних та екологічних наслідків довготривалої розробки Бориславського родовища, більша частина якого знаходиться на території м. Борислава, ПАТ „Укрнафта“ протягом кількох останніх десятиріч здійснює фінансування відповідних програм.

Загазованість навколишнього середовища території м. Борислава досліджувалась та описано у багатьох роботах, а саме: Ю. Балакірова, Я. Мирки, Л. Пеленички, А. Мичака, В. Лялька, В. Гнатюка, Н. Клімової, І.В. Дудка та ін.

Я. Мирка та Л. Пеленичка тривалий час здійснювали розробку та авторський нагляд за виконанням заходів щодо зменшення загазованості території м. Борислава. За цей час авторами подано рекомендації щодо місць розташування дегазаційних свердловин на території міста, запропоновано принципові схеми, облаштування шурфів-колодязів. Незважаючи на значний позитивний ефект досліджень, деякі розробки авторів мають певні недоліки. Зокрема при розробленні рекомендацій щодо розташування дегазаційних свердловин автори спиралися на результати окремих замірів загазованості, які не мали систематичного характеру, а свердловини розташовувалися поблизу джерел

виділення газу без врахування поширення газових еманцій по площі загазованої ділянки. Внаслідок цього буріння дегазаційних свердловин не завжди було ефективним, і вже незабаром концентрація вуглеводневих газів у них різко знижувалась до фонового рівня, тобто свердловина починала працювати неефективно. При цьому ремонтні роботи та очищення свердловин не підвищували ефективність їх роботи.

В. Ляльком та А. Мичаком виконано аерокосмічні зйомки території м. Борислава. За результатами досліджень авторів побудовано карти загазованості території м. Борислава, складено перелік деяких виявлених шурфів-колодязів та свердловин, визначено їх координати з допомогою GPS навігатора. Перевагами даних результатів досліджень є те, що вони дають достатньо повну інформацію про стан поверхневої загазованості в певний момент часу на всій території міста, але при цьому, можуть не враховувати вплив метеофакторів, які здатні спотворювати реальну картину поширення вуглеводневих газів та похибки, які дає GPS навігатор при визначенні координат.

Н. Клімовою проведено дослідження з історії розвитку Борислава та проаналізовано методики, за якими можливо провести оцінку стану ґрунтів на території м. Борислава. В основу досліджень автором покладено ландшафтно-геохімічний підхід. Рівень забруднення ґрунтів пропонується визначати з використанням коефіцієнтів концентрації хімічних елементів, які визначалися як відношення вмісту елемента у ґрунтах (мг/кг) до природного фонового вмісту елемента у ґрунтах (мг/кг). Автором наведено критерії оцінки ступеня забруднення ґрунтів та схему визначення інтенсивності забруднення ґрунтового покриву, до якої увійшли такі показники, як нафтопродукти, феноли та важкі метали.

Дослідження забрудненості ґрунтів м. Борислава проведені також І. Дудком та О. Романюк. Вченими встановлено, що найбільш забрудненими нафтопродуктами є ґрунти, які розташовані в районі озокеритової шахти, на Потоці та в районі русла річки Тисмениця. При цьому зазначено, що вміст нафтопродуктів у відібраних пробах перевищував тимчасово-допустиму концентрацію (ТДК) у 2-8 разів. Крім того, авторами встановлено, що на ділянках з підвищеним вмістом нафтопродуктів спостерігається також підвищений вміст важких металів, таких як Cu, Zn, Co, Cd. До відносно чистих ділянок вчені відносять північно-західну частину міста Борислав (вул. Котляревського, Куліша, Каденюка). У результаті проведених досліджень авторами запропоновано провести фіторекультивацію ділянок, забруднених нафтою і нафтопродуктами на території м. Борислава. Необхідно зазначити, що запропонований метод є можливим для використання виключно на відкритих ділянках, вільних від забудови, враховуючи, що територія Бориславського нафтового і озокеритового родовищ історично співпадає з центральною частиною міста, використання

запропонованого методу у м. Бориславі є обмеженим.

Починаючи з 2003 року О. Романюк та І. Дудком проводиться екологічний моніторинг на території м. Борислав. За результатами досліджень вченими встановлено, що найбільш забрудненими нафтопродуктами є ґрунти поблизу озокеритової шахти (6,20-1,29 г/кг), на Потоці (2,34-0,75 г/кг), та русла р. Тисмениця в районі Потік-Барабський міст (1,05-0,3 г/кг). Нафтове забруднення ґрунтів супроводжується забрудненням важкими металами. Загалом результати досліджень І.В. Дудка та О.І. Романюк показали, що вміст вуглеводнів у ґрунтовому покриві м. Борислава коливається в широких межах, але в більшості випадків не перевищує допустимих норм, за винятком ділянок, які прилягають до об'єктів нафтодобувного комплексу.

Протягом 2006-2011 років дослідженнями рівня загазованості на території м. Борислава займається Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ «Укрнафта». Критеріями оцінки загазованості навколишнього середовища є орієнтовно безпечний рівень діяння суміші насичених і ненасичених вуглеводнів у атмосферному повітрі населених місць, який при їх одночасній присутності не повинен перевищувати 3,0 мг/м<sup>3</sup> та значення вибухонебезпечних концентрацій головних вуглеводневих газів метанового ряду (таблиця 1).

**Таблиця 1 – Значення вибухонебезпечних концентрацій головних вуглеводневих газів метанового ряду**

Головні вуглеводневі газ метанового ряду	Нижнє значення вибухонебезпечності, % об.
Метан	5
Етан	3
Пропан	2,2
Бутан	1,9
Пентан	1,4

За результатами проведених досліджень в підвальних приміщеннях будинків та споруд виявлено підвищені концентрації вуглеводневих газів, а саме:

– у підвальному приміщенні Палацу культури вміст вуглеводневих газів становив:

- у червні 2006 року – 258,14 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2007 року – 7,34 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні 2007 року – 3,36 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2007 року – 8,6 мг/м<sup>3</sup>,
- у квітні 2008 року – 6,743 мг/м<sup>3</sup>,
- у жовтні 2008 року – 10,5 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 27,906 мг/м<sup>3</sup>,
- у вересні 2009 року – 1,187 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 7,929 мг/м<sup>3</sup>;

– у підвальному приміщенні на вул. Міцкевича 6 концентрації вуглеводневих газів становили:

- у березні 2007 року – 8,62 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні 2007 року – 2,757 мг/м<sup>3</sup>,

- у липні 2007 року – 42,6 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2008 року – 10,573 мг/м<sup>3</sup>,
- у квітні 2008 року – 5,062 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2008 року – 3,716 мг/м<sup>3</sup>,
- у жовтні 2008 року – 3,359 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 10,654 мг/м<sup>3</sup>,
- у вересні 2009 року – 7,107 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 1,431 мг/м<sup>3</sup>.

У дегазаційних свердловинах № 41, 47, 49, 50 розташованих поблизу будинку № 6 на вул. Міцкевича, протягом 2007 року спостерігаються підвищені концентрації вуглеводневих газів. Зокрема у липні 2007 року у дегазаційній свердловині № 41 зафіксовано концентрацію метану – 6,7% об.;

– у підвальному приміщенні будинку по вул. Грушевського 1 (приміщення відділу культури) концентрації вуглеводневих газів становили:

- у березні 2007 року – 7,78 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні 2007 року – 13,8 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2007 року – 67,0 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2008 року – 0,847 мг/м<sup>3</sup>,
- у квітні 2008 року – 12,072 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2008 року – 18,213 мг/м<sup>3</sup>,
- у жовтні 2008 року – 8,254 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 26,996,
- у вересні 2009 року – 12,163 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 6,313 мг/м<sup>3</sup>;

– у газувидній свічі шурфа № 46, що розташований поблизу будинку, зафіксовано підвищені концентрації вуглеводневих газів:

- у березні 2007 року – 5477,3 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2007 року – 2424,8 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 6447,748 мг/м<sup>3</sup>,
- у вересні 2009 року – 40,931 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 15,981 мг/м<sup>3</sup>;

– у підвальному приміщенні по вул. Данила Галицького 36 концентрації вуглеводневих газів становили:

- у жовтні 2006 року – 2507,5 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2007 року – 22,6 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні 2007 року – 5,4 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2008 року – 26,658 мг/м<sup>3</sup>,
- у квітні 2008 року – 0,348 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2008 року – 4,737 мг/м<sup>3</sup>,
- у жовтні 2008 року – 50,542 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 31,576 мг/м<sup>3</sup>,
- у вересні 2009 року – 1,563 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 30,879 мг/м<sup>3</sup>;

– у свічі із підвального приміщення по вул. Данила Галицького 36

- червень 2006 року – 86,496 мг/м<sup>3</sup>,
- березень 2007 року – 19,493 мг/м<sup>3</sup>,
- липень 2007 року – 1166,480 мг/м<sup>3</sup>,
- листопад 2007 року – 15,364 мг/м<sup>3</sup>,
- лютий 2008 року – 51,535 мг/м<sup>3</sup>,
- квітень 2008 року – 46,461 мг/м<sup>3</sup>,
- липень 2008 року – 51,535 мг/м<sup>3</sup>,
- лютий 2010 року – 206,095 мг/м<sup>3</sup>.

Необхідно зазначити, що протягом 2006-2009 років в дегазаційних свердловинах поблизу будинків № 34-42 по вул. Данила Галицького спостерігається підвищений вміст вуглеводневих газів, при цьому об'ємна частка метану у них складала 0,9-1,4%;

– у підвальному приміщенні будинку № 14 по вул. Чорновола концентрації вуглеводневих газів становили:

- у березні 2007 року – 75,7 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні 2007 року – 1,7 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2007 року – 1,5 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2008 року – 69,469 мг/м<sup>3</sup>,
- у квітні 2008 року – 0,474 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2008 року – 13,394 мг/м<sup>3</sup>,
- у жовтні 2008 року – 16,526 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 9,023 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 10,409 мг/м<sup>3</sup>,

в той же час у 2006 році концентрації вуглеводневих газів тут досягли 10879,420 мг/м<sup>3</sup>;

– у підвальному приміщенні будинку № 12 по вул. Чорновола зафіксовано концентрації вуглеводневих газів:

- у березні 2007 року – 5,5 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні 2007 року – 1,446,
- у липні 2007 року – 3,41 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2008 року – 10,89 мг/м<sup>3</sup>,
- у квітні 2008 року – 2,274 мг/м<sup>3</sup>,
- у жовтні 2008 року – 55,182 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 31,397 мг/м<sup>3</sup>,
- у вересні 2009 року – 8,919 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 6,117 мг/м<sup>3</sup>.

– у підвальному приміщенні будинку № 10 по вул. Чорновола зафіксовано концентрації вуглеводневих газів:

- у березні 2007 року – 2,64 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні 2007 року – 1,44 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2007 року – 2,6 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2008 року – 8,1 мг/м<sup>3</sup>,
- у квітні 2008 року – 3,274 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні 2008 року – 3,353 мг/м<sup>3</sup>,
- у жовтні 2008 року – 7,242 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 336,989 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 3,288 мг/м<sup>3</sup>.

В районі розташування будинків № 10, №12 та № 14 по вул. Чорновола знаходяться шурфи № 55, 55а, 174, 175, 189, в яких відбувається накопичення пластових флюїдів. У пробах відібраних із дегазаційних свердловин, розташованих на зазначеній ділянці, зафіксовано підвищені концентрації вуглеводневих газів:

в дегазаційній свердловині № 29 концентрації вуглеводневих газів становили:

- у березні 2007 року 8962,37 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні – 209,861 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні – 37308,7 мг/м<sup>3</sup> (об'ємна частка метану – 5,3%),

- у березні 2009 року – 10154,484 мг/м<sup>3</sup>,
- у вересні 2009 року – 57718,24 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 46854,3 мг/м<sup>3</sup>;

в дегазаційній свердловині № 28 концентрації вуглеводневих газів становили:

- у березні 2007 року – 2812,77 мг/м<sup>3</sup>,
- у травні – 20,157 мг/м<sup>3</sup>,
- у липні – 5911,4 мг/м<sup>3</sup>,
- у березні 2009 року – 14967,364 мг/м<sup>3</sup>,
- у вересні 2009 року – 1834,457 мг/м<sup>3</sup>,
- у лютому 2010 року – 3853,184 мг/м<sup>3</sup>.

Одним з найбільш ефективних заходів щодо зменшення та ліквідації загазованості території в районі розташування діючих та ліквідованих свердловин є їх герметизація в інтервалі

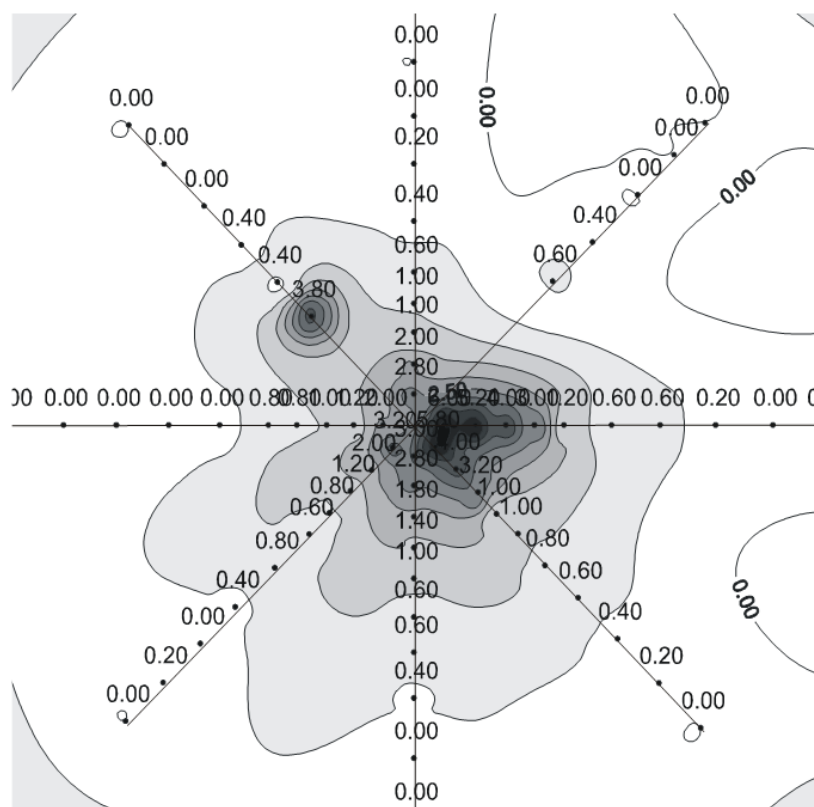
четвертинних відкладів. Контроль за ефективністю виконаних робіт проводиться за результатами газоґрунтових зйомок. Газоґрунтові зйомки території проводяться перед початком виконання робіт та одразу після їх закінчення. Пункти відбору проб розташовуються навколо свердловин у восьми напрямках. Таке розташування шпурів обумовлене особливістю структури розподілу геохімічних аномалій. Найбільші концентрації газу спостерігаються поблизу джерела розвантаження газу, а з віддаленням від нього зменшуються практично до рівня фонових значень (рисунк 1). Такий розподіл характерний для практично всіх свердловин, на яких проводилися роботи з герметизації.

Результати газоґрунтових зйомок свідчать, що після герметизації гирла свердловин концентрації газу на прилеглій до свердловин території зменшуються в середньому на 70-90% і становлять 0,0-1,0%.

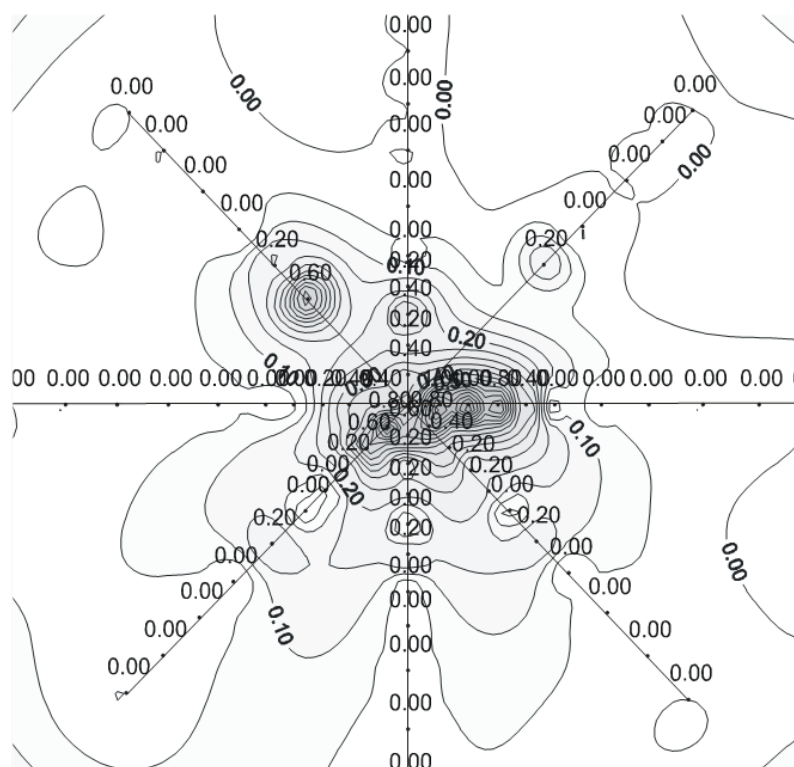
Ще одним із основних заходів, розроблених з метою максимально можливої ліквідації загазованості, було підключення до вакуумної системи збирання нафтового газу свердловин Бориславського родовища. Нафтовий газ з свердловин надходить на компресорну станцію під вакуумом (тиск близько – 0,04 МПа), по вакуумному колектору діаметром 500 мм через вакуумний сепаратор, де очищується від механічних домішок і вологи, надходить в компресор. Відібраний ВКС газ, проходячи замірну дільницю, надходить на Бориславський газобереберобний завод. Фракційний склад газу по ВКС представлений на рисунку 2.

У період з 12 по 14 червня 2010 року нами проведено відбір проб газоповітряних сумішей в окремих точках спостережень Бориславського родовища після вимкнення вакуумної системи збору газу. З результатів досліджень видно, що протягом досліджуваного періоду у дегазаційних свердловинах № 14 по вул. Данила Галицького, 36 та № 29 по вул. Чорновола, 12, а також у шурфі № 46 по вул. Грушевського 1 зафіксовано максимальні значення вмісту вуглеводневих газів починаючи із 2006 року, а саме: у свердловині № 14 – 31214,9 мг/м<sup>3</sup> (протягом 2006-2009 років – 16,873 мг/м<sup>3</sup> – 11513,04 мг/м<sup>3</sup>), об'ємна частка метану – 3,3%, у свердловині № 29 – 75861,15 мг/м<sup>3</sup> (протягом 2006-2009 років – 209,861 мг/м<sup>3</sup> – 57718,24 мг/м<sup>3</sup>), об'ємна частка метану – 8,67%, у шурфі № 46 – 31819,6 мг/м<sup>3</sup> (протягом 2006-2009 років – 15,98 мг/м<sup>3</sup> – 6447,7 мг/м<sup>3</sup>), об'ємна частка метану – 4,7%. Виходячи із вищенаведеного можна зробити припущення про існування зв'язку між зростанням концентрацій вуглеводневих газів у вказаних точках та зупинкою ВКС. Проте для однозначного тлумачення цього явища необхідне проведення більш тривалих досліджень.

Крім того, ефективними заходами, що дозволяють понижувати рівень загазованості на території м. Борислав, є буріння дегазаційних свердловин та підтримання їх в належному технічному стані, ліквідація шурфів-колодязів, відбирання нафти, що надходить на денну поверхню через природні (диз'юнктивні порушення)



А



Б

Рисунок 1 – Епюри загазованості до (А) та після (Б) проведення герметизаційних робіт на свердловині 626 Борислав

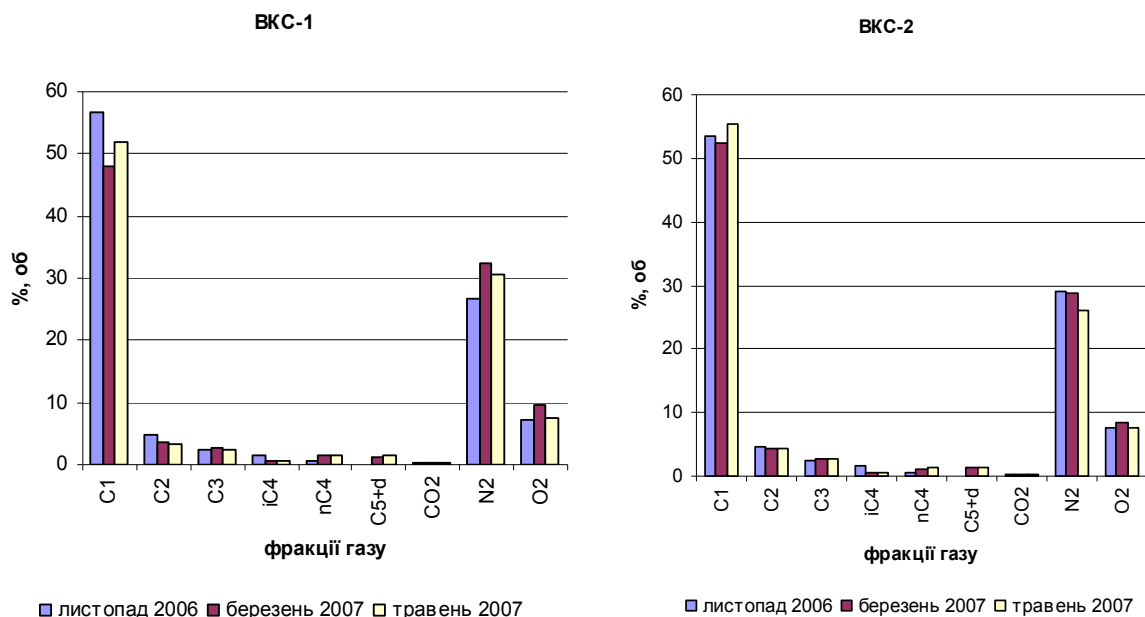


Рисунок 2 – Фракційний склад газу вакуумно-компресорних станцій м. Борислава

та техногенні шляхи міграції (недіючі шурфи та свердловини).

Аналізуючи отримані результати досліджень, встановлено, що значне надходження вуглеводнів впродовж останніх років спостерігається з дегазаційних свердловин, що розташовані поблизу будинків № 36-40 по вулиці Д. Галицького; дегазаційних свердловин 28, 29 по вулиці Чорновола. Значно збільшився викид у 2009 році з дегазаційної свердловини 47 по вулиці Міцкевича 6. Наявність природних та техногенних шляхів міграції пластових флюїдів на території Бориславського родовища є постійним джерелом забруднення атмосфери, ґрунтового покриву, поверхневих та підземних вод. Радикально ліквідувати це явище на сьогоднішній день неможливо. У зв'язку з цим ПАТ „Укрнафта” постійно проводить контроль за рівнем загазованості та вживає запобіжних заходів особливо на території з існуючою житловою забудовою м. Борислав.

### Література

1 Розробка рекомендацій щодо облаштування об'єктів житлового та промислового призначення на аномально загазованих ділянках КВП: Звіт ВАТ УкрНГІ, договір № 04.169.04/94-Р/121/Р. / Клімов Г.С. – Київ, 2005 – 32 с.

2 Геохімічний контроль стану загазованості повітряного басейну м. Борислав із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі. Звіт ЦАКДЗ ІГН НАН України / А.Г. Мичак. – Київ, 2002 – 100 с.

3 Авторський нагляд за проведенням дегазації території м. Борислава, оцінка ефективності та розробка рекомендацій щодо зниження загазованості. Звіт НДПІ ВАТ «Укрнафта», наряд-замовлення № 710402. / Пукіш А.В. – Івано-Франківськ, 2010. – 96 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
01.11.11

Рекомендована до друку професором  
Я.О. Адаменком