

Т.М. Яцишин, Івано-Франківськ  
О.І. Сидоренко, Івано-Франківськ  
О.Р. Ярема, Львів

## МОДЕЛЬ ЕКОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС СПОРУДЖЕННЯ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

**Abstract.** Based on the conducted analysis of emissions and assessment of technical characteristics of equipment and technological processes in the construction of oil and gas well, the use of the model of eco-efficient technologies is proposed and its main principles are presented.

### **Актуальність**

Об'єкти нафтогазового комплексу протягом свого життєвого циклу створюють значні впливи на довкілля, зокрема на атмосферне повітря. Викиди парникових газів при спорудженні свердловини за період тривалістю 1 рік становлять 97% від загальної кількості викидів. Кількість нафтогазових свердловин постійно зростає як на території України, так і у світі [1, 2]. Директиви Європейського Союзу 2008/50/ЄС про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи та 2010/75/ЄС про промислові викиди в своїй суті закладають принципи запобігання, які доповнюються встановленням обмежень, якісним моніторингом та контролем викидів в атмосферне повітря. Також в Директивах зазначається, що перевага повинна надаватися не традиційним заходам (очисним спорудженням тощо), а заходам, що запобігають виникненню забруднень на технологічних об'єктах та не створювати зростання навантаження на інші природні середовища [3, 4].

Тому актуальним залишається розроблення заходів попередження утворення шкідливих викидів на різних етапах життєвого циклу нафтогазових свердловин з використанням екоефективного технологічного устаткування та технологій.

### **Постановка задачі**

Розв'язання актуальної проблеми запобігання утворенню шкідливих викидів на окремих етапах життєвого циклу нафтогазових свердловин потребує розв'язання низки завдань, серед яких необхідно виділити наступні:

- оцінка джерел забруднення атмосферного повітря обраного етапу життєвого циклу свердловини;
- оцінка технічних показників устаткування та процесів, що впливають на кількісний та якісний склад викидів;
- формування моделі екоефективних технологій для скорочення шкідливих впливів на атмосферне повітря.

## **Характеристика джерел забруднення атмосферного повітря при спорудженні свердловини**

В життєвому циклі нафтогазових свердловин присутні етапи з різною тривалістю та агресивністю по відношенню до навколишнього середовища. Розглянемо модельний приклад спорудження нафтогазової свердловини з дизельним приводом і стандартним набором устаткування та споруд розташованих на виробничому майданчику. Об'єкти буріння газових параметричних, пошуково-розвідувальних та експлуатаційних свердловин з використанням дизельних двигунів відносяться до II класу з нормативним розміром санітарно-захисної зони 500 м. Утворення забруднюючих речовин на території промислового майданчика дизельної бурової установки, технологічно пов'язане з основними процесами спорудження свердловини, а також з допоміжними, які супроводжують основний процес.

До складу бурової в якості основних джерел утворення забруднюючих речовин входять: блок дизельних двигунів приводу бурового верстату та насосів для подачі бурового розчину; дизельні електростанції; склад сипучих хімічних реагентів; склад паливно-мастильних матеріалів; технологічне устаткування для приготування, зберігання, витримки та очищення бурових розчинів; амбари-накопичувачі для шламу бурового розчину; амбар освоєння; котельня установка.

При згоранні дизельного палива в атмосферу надходять оксид вуглецю, оксиди азоту, сірчистий ангідрид, суспендовані частинки недиференційовані за складом, бенз(а)пірен, суміш насичених вуглеводнів C2 – C8 та парникові гази.

На території промислового майданчика бурової установки розташовується склад зберігання хімреагентів. Джерелом надходження шкідливих речовин тут є пилевикиди, що утворюються під час приготування бурових розчинів. Однак при неналежному зберіганні забруднення може потрапляти і в поверхневі шари ґрунту та водні об'єкти. При зберіганні, приготуванні, витримці та очищенні бурових розчинів до атмосферного повітря надходить суміш насичених вуглеводнів C2 – C8.

Ємності для зберігання дизельного палива, масла, пічного палива та нафти, що розташовуються на майданчику є джерелом надходженням в атмосферу аерозолів масел, пари дизельного і пічного палива (вуглеводні насичені C12 – C19) та суміші насичених вуглеводнів C2 – C8.

Під час технологічного процесу буріння свердловин утворюється шлам, який тимчасово зберігається у амбарах-накопичувачах великого об'єму (шлам накопичується і зберігається за весь період спорудження свердловини). При зберіганні шламу бурового розчину в атмосферу надходить суміш насичених вуглеводнів C2 – C8 [5, 6].

Випробування свердловини супроводжується викидами суміші пластової води, залишків бурового розчину, вуглеводнів, що подаються для спалювання в факельний амбар. Виділення забруднюючих речовин в атмосферне повітря має місце при згоранні горючої частини продуктів випробування, а саме газу,

кількість якого може скласти 1000 м<sup>3</sup> і тривати близько трьох діб. В результаті випробування в атмосферу надходять оксиди вуглецю і азоту та суспендовані частинки, недиференційовані за складом та парникові гази.

Якщо спорудження свердловини припадає на холодний період року, то для обігріву побутових приміщень використовується котельні установки які працюють на пічному паливі, при згоранні якого в атмосферу надходять оксиди вуглецю і азоту, сірчистий ангідрид, суспендовані частинки недиференційовані за складом, бенз(а)пірен та парникові гази.

В табл. 1 наведено класифікацію викидів в залежності від умов їх надходження в атмосферне повітря та тривалості за час спорудження свердловини (П – постійні, Т – тимчасові).

Таблиця 1

Джерела викидів в залежності від умов надходження викидів в атмосферне повітря

Джерела викидів при спорудженні свердловини			
Викиди під тиском	Тривалість	Випаровування та пилеутворення	Тривалість
Блок дизельних двигунів	П	Склад сипучих хімічних реагентів	Т
Дизельні електростанції	П	Склад паливно-мастильних матеріалів	П
Амбар освосення (факельний)	Т	Технологічне обладнання бурових розчинів	Т
Котельня установка	Т/П	Амбари-накопичувачі	П

При спорудженні свердловини, як зазначено в табл. 1, постійними джерелами надходження в атмосферне повітря шкідливих речовин є блок дизельних двигунів, дизельні електростанції; котельня установка за умов спорудження свердловини в холодний період року; склад паливно-мастильних матеріалів та амбари накопичувачі. Дослідження умов надходження поллютантів дозволяє розробляти стратегії поведінки з викидами та використовувати устаткування, що дозволяє скорочувати або запобігати їх утворенню [7, 8].

### **Оцінка технічних показників устаткування та процесів, що впливають на кількісний та якісний склад викидів**

Проаналізуємо показники джерел утворення викидів при спорудженні свердловини, що дозволить виявити потенційні шляхи скорочення емісій. Основний внесок в забруднення атмосферного повітря, понад 91,2 % викидів забруднюючих речовин, дають продукти згорання палива під час роботи дизельних двигунів бурової установки. Дослідження проводилися для устаткування, яке працює в умовах безперервності та викиди від якого надходять з високими значеннями температурних показників і під тиском: блок дизельних двигунів та дизельна електростанція. Модельним прикладом

обрано дизельні двигуни марки WOLA-H, кількість яких становить 7 шт., та дизельна електростанція ЯМЗ та ДЕС У1Д6, які працюють на дизельному пальному. Основні характеристики устаткування наведено в табл. 2.

Кількісні значення забруднюючих речовин, що утворюються при використанні 1 тони дизельного палива наведено в табл. 3.

Таблиця 2

Характеристика устаткування дизельних двигунів та дизельної електростанції

№ п/п	Тип обладнання	Одиниці виміру	Дизельні двигуни WOLA-H, 7 шт.	ЯМЗ	ДЕС У1Д6
1	Потужність	кВт	404	200	100
2	Розхід палива за годину роботи	л	731,95	24,47	26,35
3	Час роботи обладнання протягом року	год	8760,0	8760,0	8760,0
4	Маса витраченого палива протягом року	т	1144,5	91,1	98,1

Таблиця 3

Питомі викиди забруднюючих речовин та парникових газів (кг) на 1 т витраченого палива

№ п/п	Речовина	Значення, кг
1	Оксид вуглецю	36,2
2	Неметанові леткі органічні сполуки	3,08
3	Метан	0,083
4	Діоксид азоту	31,4
5	Суспендовані частинки, недиференційовані за складом	3,85
6	Оксид азоту (I)	0,165
7	Вуглекислий газ	3138,0
8	Діоксид сірки	4,3
9	Бенз(а)пірен	3,0E-05

Наведені показники вказують на наступні потенційні шляхи скорочення емісії в атмосферу: вибір устаткування, яке передбачає менший розхід палива; пошук альтернативних підходів до методів забезпечення енергією процесу спорудження свердловини; скорочення тривалості роботи устаткування шляхом системного планування технологічних операцій.

В опалювальний період року залучається до виробничого процесу котельна установка, яка працює на пічному паливі, спалювання якого супроводжується викидами в атмосферу шкідливих речовин. В табл. 4 та 5 наведено значення технічних характеристик даної установки і викиди забруднюючих речовин при роботі ТКУ-0,7 протягом року.

При аналізі технічних характеристик обраного типу устаткування було відмічено відсутність очисного устаткування: для азотоочистки, очищення димових газів від суспендованих твердих частинок та очистки димових газів від оксидів сірки.

Таблиця 4

Технічні показники ТКУ-0,7 з використанням пічного палива

№ п/п	Технічні показники	Од. вим.	Значення
1	Масова нижча робоча теплота згорання 1 кг палива	МДж	42,75
2	Час роботи протягом року	год	4680
3	Масова витрата палива за рік	т	187,20
4	Коефіцієнт корисної дії котла	%	87,0
5	Виробництво теплової енергії протягом року	Гкал	1662,9
6	Теплова потужність номінальна	МВт	0,630
7	Теплова потужність фактична	МВт	0,475
8	Зольність палива в робочому стані	%	0,02
9	Вміст сірки в паливі	%	0,52
10	Втрати теплоти внаслідок механічної неповноти згорання палива	%	0,50

Таблиця 5

Викиди забруднюючих речовин при роботі ТКУ-0,7 протягом року

№ п/п	Речовина	Одиниці вимірювання	Значення
1	Оксиди азоту у перерахунку на діоксид азоту	т/рік	0,47781
		г/с	0,02836
2	Суспендовані частинки, недиференційовані за складом	т/рік	0,03744
		г/с	0,00222
3	Оксиди сірки у перерахунку на діоксид сірки	т/рік	1,90794
		г/с	0,11324
4	Оксид вуглецю	т/рік	1,27405
		г/с	0,07562

Оцінка резервуарного парку проводилась для наступних одиниць резервуарів: 50м<sup>3</sup> – дизельне паливо; 10 м<sup>3</sup> – пічне паливо; 5м<sup>3</sup> – масло М-10, І-40, відпрацьоване масло; 50м<sup>3</sup> – нафта (табл. 6). Тип резервуарів – наземний.

Оцінка технічних показників дозволяє побачити можливі шляхи покращення екоефективності технологічного устаткування – здійснити вибір устаткування, яке поєднує виробничу, екологічну та економічну ефективність.

Таблиця 6

Характеристики резервуарного парку для зберігання пального, масел тощо.

Об'єм резервуару	м <sup>3</sup>	50	10	5	5	5	50
Вид продукції	–	дизельне паливо	пічне паливо	масло М-10	масло І-40	масло відпр.	нафта
Час роботи протягом року:							
в режимі мірник	год	313,8	16,0	7,8	7,8	13,3	14,3
в режимі буферний	год	8446,2	8744,0	8752,2	8752,2	8746,7	8745,7
Кількість викидів за годину:							
режим мірник осередн.	кг	0,00041	1,01E-05	1,34E-09	1,34E-09	2,27E-09	0,00187
режим мірник	кг	0,01145	0,00545	1,50E-06	1,50E-06	1,50E-06	1,14740
режим буферний осередн.	кг	0,00011	2,77E-06	3,65E-10	3,65E-10	6,20E-10	0,00051
режим буферний	кг	0,00012	2,77E-06	3,65E-10	3,65E-10	6,21E-10	0,00051

### **Формування моделі екоефективних технологій для скорочення шкідливих впливів на атмосферне повітря**

Модель екоефективної технології передбачає врахування екологічних та економічних показників, де основними принципами є скорочення утворення емісій за рахунок використання сучасного модернізованого устаткування та оптимізації технологічного процесу. На рис. 1 наведено фрагмент виробничого процесу в життєвому циклі нафтогазової свердловини. Дана схема дозволяє проаналізувати елементи, що формують технологію і виділити найбільш впливові на довкілля процеси.

Одні технологічні процеси можуть впливати на довкілля прямо пропорційно їх тривалості, екологічно небезпечна дія інших може продовжуватися і після завершення технологічного процесу. Так, наприклад емісії бурового розчину під час промивання свердловини продовжується і після завершення даного технологічного процесу, оскільки буровий розчин може залишатися у жолобовій системі. Технологічний процес розглядається як сукупність операцій та елементарних процесів.

Враховуючи вищезазначені характеристики технологічних процесів і устаткування та схему виробничих процесів (рис. 1) модель екоефективного технологічного процесу передбачає системний підхід. Такий підхід дозволяє

враховувати на всіх фазах принципи скорочення впливу на довкілля як при плануванні діяльності, так і при виборі технологічного устаткування та режимів технологічних процесів.

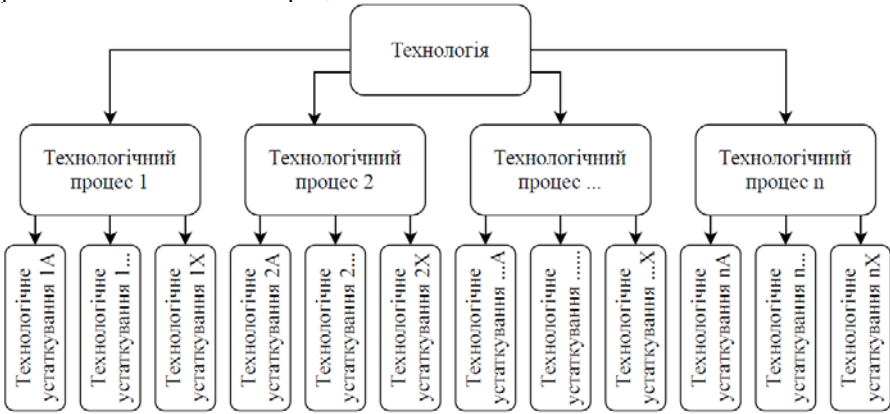


Рис. 1. Виробничий процес в життєвому циклі нафтогазової свердловини

Серед основних принципів екоефективної моделі необхідно виділити наступні:

- скорочення використання енергетичних ресурсів під час протікання технологічних процесів та речовин для виготовлення устаткування;
- розроблення устаткування блочного типу, яке дозволяє проводити тільки заміну блоків, що вийшли з ладу з можливістю їх ремонту та повернення у робочий процес;
- відсутності супутніх (технологічно не запланованих та неконтрольованих) емісій полютантів в довкілля з устаткування під час технологічних процесів;
- врахування впливу на довкілля всього життєвого циклу устаткування при виборі для виробничого процесу (рівень екологічної ефективності при виготовленні устаткування, його експлуатаційні характеристики з екологічної точки зору та шляхи утилізації (рециркуляції) після завершення терміну експлуатації або виходу з ладу).

Під час розгляду модельного прикладу устаткування, в ході діяльності якого відбуваються емісії в приземний шар атмосфери варто використати наступні елементи моделі екоефективних технологій:

- скорочення тривалості роботи устаткування – оптимізація технологічних процесів (співпраця різних технологічних бригад з паралельним виконанням окремих процесів та операцій);
- вибір двигунів, які забезпечують виробничі потреби з використанням меншої кількості пального та з можливістю використання екологічно-чистого пального;
- використання схеми герметизованої насосно циркуляційної системи бурової установки [7];

– використання первинних режимно-технологічних та вторинних (очисні установки) заходів скорочення викидів.

### **Висновки**

Визначено основні джерела надходження політантів в приземний шар атмосфери під час спорудження свердловини, серед яких необхідно виділити: блок дизельних двигунів приводу бурового верстату та насосів; дизельні електростанції; склад сипучих хімічних реагентів; склад паливно-мастильних матеріалів; технологічне устаткування для приготування, зберігання, витримки та очищення бурових розчинів; амбари-накопичувачі для шламу бурового розчину; амбар освоєння; котельна установка. Проведено аналіз основних технічних та технологічних характеристик устаткування, які здійснюють вплив на кількісні та якісні показники викидів, що дозволяє виявити потенційні шляхи скорочення емісій. Встановлено одиниці устаткування, які потребують модернізації або заміни на більш екоефективніші. Запропоновано модель екоефективних технологій при спорудженні свердловини для скорочення емісій в приземний шар атмосфери.

1. Яцишин Т.М. Вибір критеріїв системи управління екологічними ризиками під час спорудження нафтогазових свердловин / Т.М. Яцишин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2018 № 2 (67) – С.31-40.
2. Яцишин Т.М. Аналіз впливу на довкілля життєвого циклу нафтогазової свердловини / Т.М. Яцишин // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ПІМЕ ім Г.Є. Пухова НАН України. – Вип. 81. – К.: 2017. – С.24-31.
3. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи. Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_950](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950)
4. Директива 2010/75/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 24 листопада 2010 року про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення). Дата доступу 30.09.2019. – Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=%2068049](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=%2068049)
5. Орфанова М.М. Напрямки покращення екологічної ситуації на підприємствах нафтогазового комплексу України / Орфанова М.М. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2014, №4(122). – С.69-75.
6. Шестопалов О.В. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. / О.В. Шестопалов, Г.Ю. Бахарєва, О.О. Мамєдова та ін.– Х. : НТУ «ХПІ», 2015. 116 с.
7. Skitsa L. Ways of increasing the safety of pumping-circulatory system of the drilling rig / L. Skitsa, T. Yatsyshyn, M. Liakh, O. Sydorenko // Mining of Mineral Deposits Volume 12 (2018), Issue 3, pp. 71-79. [http://mining.in.ua/2018vol12\\_3\\_9.html](http://mining.in.ua/2018vol12_3_9.html)
8. Шкіца Л.Є., Яцишин Т.М., Сидоренко О.І. Методи покращення якості атмосферного повітря під час буріння нафтогазових свердловин / Л.Є Шкіца, Т.М. Яцишин, О.І. Сидоренко / Нафтогазова галузь України, 2017, №5. – С.37-40.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3612234>

Поступила 22.08.2019р.