

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра екології та охорони довкілля

## Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

# Технології захисту довкілля від впливу систем газопостачання та газорозподілу Technologies for protecting the environment from the influence of gas supply and gas distribution systems

Виконав: студент 2 курсу денної форми навчання  
спеціальності 183 «Технології захисту

навколишнього середовища»

Освітньо-професійна програма Технології захисту  
навколишнього середовища

\_\_\_\_\_ Порох Михайло Вадимович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник д. ф.-м. н., проф. Герасимов О.І. \_\_\_\_\_  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент д. ф.-м. н., проф. Калінчак В.В. \_\_\_\_\_  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:  
Протокол засідання кафедри  
екології та охорони довкілля  
№ 4 від 22.11. 2024 р.

Завідувачка кафедри  
\_\_\_\_\_ Ангеліна ЧУГАЙ  
(підпис) (прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 6  
протокол №     від    .   .2024 р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

\_\_\_\_\_ Володимир СКАЛОЗУБОВ  
(підпис) (прізвище, ім'я)

Одеса 2024

## АНОТАЦІЯ

### Порох М. Технології захисту довкілля від впливу систем газопостачання та газорозподілу

#### Актуальність теми

Газорозподільні споруди та схеми масово застосовуються практично у всіх сферах промисловості. Газопроводи класифікуються як небезпечні виробничі об'єкти, які при виникненні надзвичайної ситуації завдають значної матеріальної та екологічної шкоди. Вони характеризуються високим ризиком негативного впливу на навколишнє середовище під час будівництва та експлуатації. Особливостями впливу газопроводу на навколишнє середовище є високий термічний вплив, пов'язаний із займанням газу, значне погіршення цілісності ґрунтово-рослинного шару, масштабні викиди парникових газів. Таким чином, забезпечення екологічної безпеки під час будівництва небезпечного виробничого об'єкта є наразі важливим завданням.

Інтенсивний розвиток трубопровідного комплексу зумовлює освоєння та введення в дію нових газових та нафтових родовищ, будівництво мережі газопроводів, насосних та компресорних станцій, електросилових установок та інших необхідних об'єктів наземного, підводного та підземного базування.

Газові трубопроводи в екологічному плані характеризуються рядом специфічних факторів: значною лінійною протяжністю; наявністю термічного впливу, пов'язаного з пожежо- та вибухонебезпечністю; порушенням цілісності ґрунтово-рослинного покриву; високим рівнем енергонапруженості споруджуваних об'єктів; різним впливом на компоненти біосфери: повітряний та водний (в т.ч. підземні води) басейни, ґрунтовий покрив, флору та фауну.

Нині всі галузі промисловості завдають у тому чи іншій мірою негативний вплив на довкілля. З цим пов'язана тенденція щодо мінімізації

впливу. Зменшення негативного впливу та впливу під час будівництва та експлуатації газопроводу розглядається як одне з пріоритетних завдань у будівництві даного виду промисловості. Тому розробка переліку природоохоронних заходів, спрямованих на запобігання та (або) зниження можливого негативного впливу наміченої діяльності, визначення методів, підходів, технологій, які сприяють вирішенню цієї задачі є актуальною проблемою сьогодення.

### **Об'єкт дослідження**

Вибір об'єкта дослідження зумовлений тим, що цей об'єкт є небезпечним виробничим об'єктом, будівництво якого негативно впливає на компоненти екосистеми. У зв'язку з цим, необхідно провести екологічну оцінку впливу проєктованого об'єкта на навколишнє середовище, на підставі чого сформулювати перелік заходів щодо охорони навколишнього середовища, а також, користуючись запропонувати систему заходів щодо оптимізації технічних параметрів спрямовану на вирішення поставленої задачі.

**Предметом дослідження** є оцінка та визначення технологічних сценарії зменшення впливу небезпечного виробничого об'єкта – газотранспортної системи на довкілля під час експлуатації.

**Метою дослідження** є визначення та забезпечення екологічної безпеки при експлуатації небезпечних виробничих об'єктів (яким, наприклад, є підвідний газопровід високого та низького тиску).

### **Задачі дослідження**

1. Проаналізувати та класифікувати фактори негативного впливу з боку газотранспортних систем на довкілля
2. Розробити топологічну модель оптимізації периметрів мереж газорозподілу, як фактора зниження навантаження на довкілля.

3.Доповнити загально існуючі рекомендації для убезпечення довкілля від негативних впливів з боку газотранспортних мереж із врахуванням отриманих результатів .

Робота містить:

Сторінок- 58

Літературних посилань- 17

**Ключові слова:** газотранспортні системи, оптимізація, периметр в термінах плоских графів, безпека експлуатації

## ANNOTATION

Poroh M. Technologies for protecting the environment from the influence of gas supply and gas distribution systems

### **Relevance of the topic**

Gas distribution structures and schemes are widely used in almost all areas of industry. Gas pipelines are classified as dangerous production facilities that, in the event of an emergency, cause significant material and environmental damage. They are characterized by a high risk of negative impact on the environment during construction and operation. Features of the impact of the gas pipeline on the environment are the high thermal impact associated with gas ignition, significant deterioration of the integrity of the soil-vegetation layer, large-scale emissions of greenhouse gases. Thus, ensuring environmental safety during the construction of a hazardous production facility is currently an important task.

The intensive development of the pipeline complex requires the development and commissioning of new gas and oil fields, the construction of a network of gas pipelines, pumping and compressor stations, electric power plants and other necessary facilities on the ground, underwater and underground.

Environmentally speaking, gas pipelines are characterized by a number of specific factors: significant linear length; the presence of thermal effects associated with fire and explosion hazards; violation of the integrity of the soil and plant cover; high level of energy tension of the objects under construction; different effects on the components of the biosphere: air and water (including underground water) pools, soil cover, flora and fauna. Today, all industries have a negative impact on the environment to one degree or another. Related to this is the tendency to minimize impact. Reducing the negative impact and impact during the construction and operation of the gas pipeline is considered as one of the priority tasks in the construction of this type of industry. Therefore, the development of a list of

environmental protection measures aimed at preventing and (or) reducing the possible negative impact of the intended activity, determining the methods, approaches, and technologies that contribute to the solution of this problem is an urgent problem today.

**The object of the study** is a high- and low-pressure underwater gas pipeline in The choice of the research object is determined by the fact that this object is a dangerous production facility, the construction of which negatively affects the components of the ecosystem. In this regard, it is necessary to carry out an ecological assessment of the impact of the projected object on the environment, based on which to formulate a list of measures for environmental protection, and also, using to propose a system of measures to optimize technical parameters aimed at solving the task.

**The subject of the study** is the assessment and definition of technological scenarios for reducing the impact of a hazardous production facility - a gas transportation system on the environment during operation.

The purpose of the study is to determine and ensure environmental safety during the operation of dangerous production facilities (which, for example, is a high- and low-pressure pipeline).

### **Research tasks**

1. Analyze and classify factors of negative impact of gas transportation systems on the environment
2. Develop a topological model for optimizing the perimeters of gas distribution networks as a factor in reducing the load on the environment.
3. Supplement the generally existing recommendations for protecting the environment from negative impacts of gas transportation networks, taking into account the results obtained.

The work contains:

Pages - 58

References - 17

**Keywords:** gas transportation systems, optimization, perimeter in terms of planar graphs, operational safety

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
1.1 Методи дослідження.....	12
1.2 Природний газ( фізико-хімічні параметри).....	13
1.3 Технології видобутку та транспортування природного газу.....	17
1.4 Методичні підходи до оцінки негативного впливу газотранспортних об'єктів на довкілля.....	22
1.5 Розробка пропозицій щодо забезпечення екологічної безпеки газотранспортної системи.....	28
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ПАРАМЕТРИ ДОВКІЛЛЯ .....	36
2.1 Екологічний стан атмосфери.....	37
2.2 Екологічний стан гідросфери.....	40
2.3 Екологічний стан ґрунтів.....	46
2.4 Технологічні основи захисту навколишнього середовища.....	46
3 ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ГАЗОРОЗПОДІЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ТЕОРІЇ ГІПЕРМЕРЕЖ .....	51
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57

## ВСТУП

### Актуальність теми

Незважаючи на переваги використання природного газу порівняно з іншими видами палива, кількість токсичних речовин, що викидаються в навколишнє середовище під час його використання, залишається значною, спричиняючи суттєві зміни в атмосфері, поверхневих водоймах, водосховищах, підземних водоносних горизонтах, ґрунті та рослинах.

Під час транспортування газу компресорні станції є найбільш значним джерелом забруднення біосфери. Компресорні станції викидають в атмосферу найбільше оксидів азоту, діоксиду азоту та оксиду вуглецю. Зменшення їхнього вмісту в атмосфері є основним завданням газової промисловості. Це вимагає забезпечення герметичності всіх систем, зменшення аварійних ситуацій, скорочення втрат газу і, як наслідок, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Широке використання газокompресорних транспортних засобів та обладнання призводить до загального забруднення повітря та зміни природних умов. Забруднюючі речовини, що постійно викидаються, поширюються повітряними потоками на великі відстані.

У цій роботі проаналізовано стан приземного шару повітря, гідросфери, ґрунту та ґрунтоутворюючих порід у зоні впливу газорозподільчої станції «Диберг №3» в Одесі, Київ. Аналіз ляже в основу комплексної екологічної оцінки впливу газотранспортного об'єкта на навколишнє середовище. Будуть проаналізовані джерела забруднення, їх кількісний та якісний склад, а також процеси дифузії забруднюючих речовин.

Основною метою дослідження є екологічна оцінка для визначення екологічних умов та заходів безпеки у сфері впливу газотранспортних

об'єктів у місцях розташування магістральних газопроводів. В ході роботи були вирішені наступні питання

- Аналіз джерел та масштабів антропогенного впливу лінійних компресорних станцій на навколишнє природне середовище (атмосферне повітря, водні об'єкти та ґрунти);
- Виявлення закономірностей міграції та накопичення забруднюючих речовин в атмосферному, водному та ґрунтовому середовищах, пов'язаних з транспортуванням газу;
- Дослідження трансформації забруднюючих речовин у всіх компонентах довкілля;
- аналіз впливу на довкілля газотранспортних об'єктів.

Фактичний матеріал буде зібрано з реєстрів аварійних ситуацій, пов'язаних з об'єктом, за період 2015-2020 років.

На конкретних об'єктах буде проаналізовано якість приземного повітря, води, ґрунту та надр, а також комплексно оцінено негативний вплив на атмосферне повітря, гідросферу та ґрунтовий покрив. Виявлено закономірності міграції, накопичення та зміни основних забруднюючих речовин та елементів у них, джерелами яких є основні виробничі об'єкти та допоміжні служби підприємства.

Оцінено ступінь впливу газорозподільної системи та її складових на навколишнє середовище. На основі аналізу антропогенних навантажень та дослідження якісного і кількісного складу забруднюючих речовин можна виділити ділянки з різними екологічними умовами та надати рекомендації щодо забезпечення заходів з охорони довкілля та використання відповідних технічних підходів.

## 1 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження в газових мережах є зниження рівня тиску газу до необхідного заздалегідь заданого значення відповідно до критеріїв безпечного споживання, а також транспортування газу та компенсація втрат тиску в трубопроводі від станції до споживача.

Газ переважно постачається на станції з відповідних газових родовищ. Типовими компонентами природного газу є метан (97,95% за об'ємом), ізобутан і нормальний бутан (0,05% і 0,06%), азот (1,13%), ізопентан, нормальний пентан і діоксид вуглецю.

Природний газ транспортується трубопроводами, стиснений до максимально допустимого тиску приблизно 7,5 МПа.

Після того, як він потрапляє на станцію, він стискається і розподіляється споживачам відповідно до режиму розподілу.

Окрім компресорної станції, яка є одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища, та резервної котельні (якщо така є), майже всі установки та служби знаходяться в безпосередній близькості одна від одної. Вони розташовані на відстані 250-300 метрів від основної території станції. Самі компресорні станції обладнані системами аварійної сигналізації (для виявлення газу та пожежі) та низкою протиаварійних заходів (дистанційне відключення від газопроводу компресорної станції, відведення природного газу на станцію (або в цех) за допомогою спеціального обладнання).

Коли газ надходить на станцію, він спочатку проходить через систему очищення від води і механічних домішок (за допомогою сепараторів і пиловловлювачів), а потім подається безпосередньо на компресорну станцію. Під час роботи компресора утворюються продукти згоряння газу.

Під час процесу стиснення температура природного газу значно підвищується, і транспортування газу в такому стані неможливе. Тому перед

подальшим транспортуванням його охолоджують за допомогою обладнання для повітряного охолодження.

### 1.1 Методи дослідження

Методи системного аналізу можуть бути застосовані для комплексної оцінки різних причин антропогенного впливу на навколишнє середовище та реакції на нього. Для цього на додаток до існуючих спостережень можуть бути використані дані з інвентаризаційних джерел [1].

Моделі розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері можуть бути побудовані різними способами з використанням концепції фізичної динаміки забруднюючих речовин у газовому потоці. При цьому слід враховувати клімат (середні температури для теплих і холодних місяців, коефіцієнт стратифікації атмосфери, максимальну швидкість вітру і переважний напрямок вітру), характеристики джерела викидів (висота, діаметр) і параметри газоповітряної суміші (об'єм, швидкість, температура).

Вимірювання складу викидів щодо повітря, водного середовища, ґрунтового покриву та роботи компресорної станції можуть бути виконані за допомогою інструментальних методів.

При дослідженні атмосфери необхідно спиратися на дані про фоновий рівень і метеорологічні характеристики. Для ряду об'єктів (до декількох сотень) прямі атмосферні вимірювання слід проводити за допомогою наукового лабораторного обладнання. Наприклад, для вимірювання викидів можна використовувати портативні газоаналізатори. Параметри, необхідні для розрахунків, визначаються за допомогою стандартного обладнання. Атмосферний тиск слід вимірювати сертифікованим барометром, а концентрацію кисню, азоту та оксидів вуглецю в точці відбору проб - газоаналізатором.

Дощову воду слід регулярно (раз на місяць) аналізувати для підтримання якості питної води на належному рівні. Зразки стічних вод слід

відбирати до і після попереднього очищення; час зберігання при температурі 3-4°C становить 1 добу. Залежно від параметрів, перманганатного окислювального потенціалу та загального вмісту азоту може знадобитися збагачення проб.

Відразу після відбору проби вимірюють запах, колір, прозорість, температуру, вміст зважених речовин і сухого залишку; через 2 години після відстоювання вимірюють колір, прозорість, рН, загальний азот, хлориди і фосфати. Аналіз на наявність сульфатів у воді проводився після фільтрації води.

Санітарно-бактеріологічні дослідження проводяться відповідно до вимог Постанови Кабінету Міністрів України № 1109 від 22.06.99.

На ділянках, де розташовані газові установки, проби ґрунту слід відбирати горизонтально і пошарово. Рухома форма вимірюється за допомогою лужних і буферних витяжок. Кислотні екстракти використовуються для визначення потенційного загального вмісту елементів у наявних формах. Ці екстракти використовуються для вилучення елементів, пов'язаних з обмінно-поглиненими, водорозчинними формами і аморфними сполуками. рН=4,5 розчин ацетату амонію (ААВ-4,5) і рН-4,5 при співвідношенні ґрунт:розчин 1:5 використовуються для вилучення обмінно-поглинених, водорозчинних форм металів і органічних речовин. можна отримати супутні елементи.

## 1.2 Природний газ (фізико-хімічні параметри)

Природний газ - це суміш газів, що утворюється під час анаеробного розкладання органічних речовин у надрах Землі. Природний газ є мінеральним ресурсом. Він часто є побічним продуктом видобутку нафти. Природний газ перебуває в газоподібному стані в пластових умовах (умовах, що відбуваються в надрах Землі).

Зазвичай він присутній у вигляді відокремлених відкладів (газових покладів), у вигляді газових шапок на нафтових і газових родовищах або розчинений у нафті чи воді. Він часто є побічним продуктом видобутку нафти.

За стандартних умов природний газ існує лише в газоподібному стані. Основні характеристики природного газу включають склад, теплотворну здатність, густину, температуру займання, межу вибуховості, температуру горіння і тиск вибуху.

Природний газ з родовищ чистого газу складається переважно з метану (82%-98%) та інших вуглеводнів. Паливні гази містять як горючі, так і негорючі речовини. До горючих речовин належать вуглеводні, водень і сірководень. Негорючі речовини: вуглекислий газ, кисень, азот і водяна пара. Після видобутку з газу видаляється токсичний сірководень, але його вміст не повинен перевищувати  $0,02 \text{ г/м}^3$ . Теплота згоряння - це кількість тепла, що виділяється при повному згорянні  $1 \text{ м}^3$  газу. Теплота згоряння вимірюється в МДж/м<sup>3</sup> і коливається в межах 28-46 МДж/м<sup>3</sup> за нормальних умов. Величина, що визначається відношенням маси речовини до її об'єму, називається густиною речовини. Густина вимірюється в  $\text{кг/м}^3$ . Густина природного газу повністю залежить від його складу і коливається в межах  $\rho = 0,73-0,85 \text{ кг/м}^3$ .

Це максимальна температура, яка досягається при повному згорянні газу, тобто коли кількість повітря, необхідна для горіння, точно відповідає хімічному рівнянню горіння, а початкова температура газу і повітря дорівнює нулю. Теплотворна здатність природного газу становить приблизно 2000-2100°C. Фактична температура горіння в печі набагато нижча за теплотворну здатність і залежить від умов горіння. Природний газ безбарвний, без смаку і запаху. Він не має запаху. До газу додають невеликі кількості речовин з сильним неприємним запахом (пахучі речовини). У більшості випадків в якості одоранту використовується етилмеркаптан. Інтенсивність запаху розрахована таким чином, щоб люди відчували його, коли об'єм газу досягає 1%. Метан - перший член гомологічного ряду насичених вуглеводнів і

найбільш стійкий до хімічного впливу. Як і інші алкани, він бере участь у реакціях радикального заміщення (галогенування, сульфохлорування, сульфоксидування, нітрування тощо), але є менш реакційноздатним. Реакція метану з водяною парою, на  $Al_2O_3$  каталізаторах при 800-900 °С або без каталізатора при 1400-1600 °С, використовується в синтезі метанолу, вуглеводнів, оцтової кислоти, ацетальдегіду тощо. Метан утворює сполуки включення - газогідрати, які широко поширені в природі. Метан є найбільш термічно стійким насиченим вуглеводнем і за звичайних умов дуже інертний, зв'язується лише з галогенідами.

Використовується як побутове та промислове паливо. Метан використовується як паливо для виробництва природного коксу та біогазу. У промисловості з нього виробляють сингаз, водень, ацетилен, сажу, HCN, хлористий метил і хлористий метилен, фреони  $CHCl_3$ ,  $CHCl_4$ ,  $CH_3NO_2$  і хлоровані продукти (хлористий метил, хлористий метилен, хлороформ, чотирьоххлористий вуглець). Розчинники; промислова сировина, виробництво дегідрованого продукту ацетилену; синтез-газ, продукт конверсії. Використовується у виробництві метанолу та формальдегіду; застосовується у виробництві полімерів, фармацевтичних препаратів, денатураторів та дезінфікуючих засобів. З синтез-газу також виробляють аміак і добрива. Метан широко використовується як автомобільне паливо. Однак густина природного метану становить 1/1000 від густини бензину. Тому, якщо автомобіль заправляти метаном при атмосферному тиску, йому знадобиться бак в 1000 разів більший, щоб вмістити таку ж кількість пального, як і бензин. Щоб не перевозити паливо у величезних причепах, необхідно збільшити щільність газу. Цього можна досягти, стискаючи метан до 20-25 МПа (200-250 бар). Для зберігання газу в такому стані в транспортних засобах використовують спеціальні балони.

У разі неповного згоряння метану утворюється сажа, а при каталітичному окисненні - формальдегід.

Окислення утворює формальдегід, який взаємодіє з сіркою, утворюючи сірковуглець. Тому, якщо зосередитися на промисловому використанні метану, то найбільш важливими є наступні процеси

Термічне окислювальне розкладання та електроліз є важливими промисловими методами виробництва ацетилену. Метан використовується як джерело водню у виробництві аміаку, для виробництва водяного газу (синтез-газу)  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$  і для промислового синтезу вуглеводнів, спиртів і альдегідів. Важливим похідним метану є нітрометан. Природний газ наразі вважається одним з найперспективніших моторних палив. Його переваги над нафтовим паливом добре відомі, включаючи більш високе октанове число (120), ніж у бензину або дизельного палива, і більш високе співвідношення водню до вуглецю (4:1). Як наслідок, при згорянні метану утворюється приблизно на 10% менше вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), ніж при згорянні такої ж кількості бензину або дизельного палива, а при згорянні метану практично не виділяються вуглеводні, які беруть участь в утворенні озону в атмосфері, що забезпечує більш бідну суміш і більш стабільне горіння, ніж при згорянні бензину [2].

Існує низка важливих причин для скорочення викидів метану на нафтогазових об'єктах.

У багатьох країнах метан є регульованою забруднюючою речовиною і навіть підлягає надбавкам за забруднення повітря. У багатьох регіонах метан становить понад 65% у структурі викидів забруднюючих речовин від нафтогазових об'єктів, тому важливо зменшити платежі внаслідок скорочення викидів метану. Тому нафтогазові компанії повинні прагнути впроваджувати інноваційні енерго- та ресурсозберігаючі технології для мінімізації викидів природного газу (метану) в атмосферу.

Метан є основним компонентом природного газу, товарною вуглеводневою сировиною та енергетичним ресурсом. Скорочення викидів метану також є бажаним з точки зору збільшення прибутків нафтогазових

компаній за рахунок продажу додаткового природного газу, зекономленого завдяки впровадженню енерго- та ресурсозберігаючих технологій.

Метан є основним парниковим газом з глобальним кліматичним коефіцієнтом, і згідно з міжнародними та національними кліматичними інструментами, великі компанії вживають заходів для запобігання глобальній зміні клімату, в тому числі заходів зі скорочення викидів метану, що відповідає екологічній політиці ООН та зобов'язанням нафтогазових компаній. Це повністю відповідає зобов'язанням щодо впровадження заходів, спрямованих на Метан враховується при оцінці ключового показника ефективності «викиди парникових газів в еквіваленті CO<sub>2</sub>». Цей показник характеризує ефективність заходів, вжитих для підвищення екологічності та екологічної надійності виробництва, і характеризує цей показник позитивно, якщо викиди метану скорочуються, а виробничі показники зростають одночасно [3].

### 1.3 Технології видобутку та транспортування природного газу

Попутний газ використовується за трьома основними напрямками: постачання споживачам, у тому числі газопереробним заводам; очищення на компресорних станціях; власне споживання.

Склад природного та попутного газу визначається спеціально акредитованими лабораторіями на етапі видобутку та під час підготовки газу до транспортування.

Природний газ залягає під землею на глибині від 1 000 метрів до кількох кілометрів.

Під землею газ міститься в мікроскопічних порожнинах (порах). Пори з'єднані мікроскопічними канавками, які називаються тріщинами, якими газ перетікає з пор з високим тиском в пори з низьким тиском, щоб досягти стовбура свердловини. Рух газу в пласті відбувається за певними законами.

Газ витікає під землю, оскільки там тиск набагато вищий за атмосферний. Отже, рушійною силою є різниця тисків між пластом і системою видобутку.

Газ видобувають з-під землі за допомогою свердловин. Свердловина - це свердловина круглого перерізу діаметром менше 2 метрів, пробурена з поверхні або зі свердловини під землею під будь-яким кутом до горизонту і без доступу людини.

Свердловини буряться за допомогою спеціалізованого бурового обладнання.

Свердловини розташовані по всій площі родовища. Це робиться для того, щоб пластовий тиск у пласті рівномірно знижувався. В іншому випадку газ може перетікати між ділянками і викликати передчасне накопичення води в пласті.

Газ, що постачається зі свердловин, повинен бути підготовлений для транспортування до кінцевих споживачів, таких як хімічні заводи, котельні, теплові електростанції або міські газові мережі. Необхідність підготовки газу зумовлена наявністю в ньому, окрім цільових компонентів, домішок (різні споживачі мають різні цільові компоненти), які ускладнюють його транспортування та утилізацію. Наприклад, водяна пара в газі може утворювати гідрати за певних умов або конденсуватися і накопичуватися в різних місцях (наприклад, на вигинах трубопроводів), перешкоджаючи руху газу. Сірководень викликає сильну корозію газового обладнання (наприклад, труб, теплообмінників).

Окрім підготовки самого газу, необхідно також підготувати трубопровід. Тут широко використовуються азотні установки для створення інертного середовища для трубопроводу.

Газ готують різними способами. Один з них полягає в тому, що в безпосередній близькості від газового родовища будують складний газопереробний завод, де газ очищають і осушують. Якщо газ містить велику кількість гелію або сірководню, його переробляють на газопереробному заводі, де відокремлюють гелій і сірку.

В даний час основним засобом транспортування є трубопровід. Трубопроводи є єдиним способом транспортування великих обсягів газу.

Газ під тиском близько 75 бар проходить по трубах діаметром близько 1,5 метра. Коли газ рухається по трубопроводу, він втрачає енергію, долаючи сили тертя між газом і стінками труби та шарами газу. Тому через певні проміжки часу доводиться будувати компресорні станції (КС), щоб підвищити тиск газу до 75 бар. Хоча трубопроводи дуже дорогі у будівництві та обслуговуванні, вони все ще залишаються найдешевшим способом транспортування газу і можуть транспортувати як нафту, так і газ.

На додаток до трубопровідного транспорту, також використовуються спеціальні танкери, які називаються газовозами. Це спеціальні судна, які перевозять газ у зрідженому вигляді за певних температурних умов тиску. Тому транспортування газу в такий спосіб вимагає подовження газопроводів до моря, будівництва заводів зі зрідження газу на узбережжі, будівництва гаваней для танкерів та будівництва самих танкерів. Цей спосіб транспортування вважається економічно вигідним, якщо відстань до місця споживання скрапленого газу перевищує 3 000 км. Газопроводи прокладають під землею поблизу густонаселених районів. Передбачається як наземне, так і підземне прокладання в житлових і садово-городніх зонах та вздовж інших маршрутів.

Зовнішні газопроводи поблизу промислових зон будуть прокладені над землею. Маршрут газопроводу обирається з урахуванням корозійної активності ґрунту, наявності блукаючих струмів, щільності забудови та економічності. У житлових будинках газопроводи прокладаються із забезпеченням доступу на наступних етапах:

1. на етапі будівництва газопроводу необхідно враховувати наступне
  - Запобігання нещасним випадкам під час будівництва та випробувань прямих ділянок, газоперекачувальних систем та допоміжного обладнання
  - Оцінка впливу на людину під час будівництва газотранспортних об'єктів

(Оцінка антропогенних впливів при будівництві об'єктів магістральних газопроводів (ерозія, розливи, зсуви, зміна водозбору, порушення особливо охоронюваних природних територій та

порушення особливо охоронюваних природних територій, вплив на міграцію тварин тощо)

(наприклад, вплив на міграцію тварин).

- 1. потенціал викидів небезпечних речовин під час роботи будівельної техніки.

2. на етапі експлуатації газопроводу необхідно враховувати наступне

- Потенційна можливість аварій на промислових об'єктах, включаючи компресорні станції та прямі ділянки газопроводу;

- 3. витіки газу на компресорних станціях та лінійних ділянках газопроводу; та

- викиди шкідливих речовин при спалюванні природного газу на компресорних станціях; компресорні станції

Викиди небезпечних речовин при спалюванні природного газу на компресорних станціях;

- Вплив на температуру ділянок вічної мерзлоти через початок термокарстових процесів.

Вплив на температуру в зонах вічної мерзлоти внаслідок.

Основний вплив на навколишнє середовище зумовлений роботою газотурбінної установки на компресорній станції. Відношення споживання паливного газу до обсягу транспортування газу характеризує ефективність роботи компресорної станції. Цей показник оцінюється в 33 м<sup>3</sup> /млн при роботі компресорної станції в нормальному режимі. Ця кількість газу спалюється на факелі на компресорній станції у вигляді оксидів азоту та інших токсичних речовин (оксидів вуглецю, оксидів сірки, сполук важких металів, летких органічних сполук тощо) і викидається в окремих точках вздовж траси газопроводу. Склад токсичних речовин, що викидаються,

залежить від складу природного газу, що також є складовою геоекологічного ризику.

Систематично проводяться роботи, спрямовані на зменшення викидів шкідливих речовин під час експлуатації газопроводу, в тому числі продуктів згоряння на компресорних станціях.

Критичні навантаження оксидів азоту, оксидів сірки та інших забруднюючих речовин, що викидаються з газокompресорних станцій, можуть бути розраховані для кожної екосистеми в конкретному регіоні. Критичні навантаження розраховуються для всіх можливих комбінацій ґрунту і видів рослин для наземних екосистем, а також водної біоти (включаючи рибу) і видів природних вод для водних екосистем. Беручи до уваги різноманітність екосистеми, критичне азотне навантаження порівнюється з надходженням сполук азоту з опадами. Визначаються екосистеми з високим критичним навантаженням. Порівнюючи перевищення на різних територіях, можна визначити рівні, необхідні для зменшення викидів сполук азоту та інших забруднювачів, щоб не перевищити критичне навантаження. Оскільки сполуки азоту, перебуваючи в атмосфері, можуть переноситися на значні відстані (до кількох тисяч кілометрів), це скорочення має здійснюватися як на регіональному, так і на місцевому рівнях. Оскільки це переміщення часто відбувається в транскордонному і навіть міжконтинентальному масштабі, необхідні міжнародні зусилля для скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Негативний вплив геоекологічних факторів на стан газотранспортної системи також слід враховувати для розгляду відповідних геоекологічних ризиків. До таких ризиків відносяться, наприклад, корозійні пошкодження трубопроводів внаслідок впливу високоагресивних фізичних, хімічних та біологічних середовищ.

Корозійне пошкодження трубопроводу під впливом хімічних та біологічних середовищ, розрив трубопроводу внаслідок деформації ґрунту

різної природи (поверхнева ерозія, сольовий стік, зсуви, термокарст, просідання ґрунту, водний змив).

Важливо також враховувати більш складні геоекологічні фактори та пов'язані з ними ризики. Геоекологічні фактори та аварії на трубопроводах Більш детальне вивчення цього взаємозв'язку може значно зменшити геоекологічні ризики та аварії на трубопроводах [4].

#### 1.4 Методичні підходи до оцінки негативного впливу газотранспортних об'єктів на довкілля

При експлуатації газотранспортних об'єктів двома основними джерелами забруднення є прямі ділянки газопроводів та компресорні станції.

Джерелами забруднення повітря є компресорні цехи та допоміжні служби, тобто котельні, автотранспортні засоби, паливно-мастильні склади, зварювальні станції, металообробні ділянки, сховища метанолу, установки підготовки газу та ділянки з великим технологічним обладнанням, наприклад, деревообробні цехи. Хоча 98% забруднювачів повітря на компресорних станціях викидаються газоперекачувальними агрегатами, решта 2% - це продукти згоряння газу від роботи котелень та електростанцій. Під час зупинки та запуску газоперекачувальних агрегатів велика кількість газу викидається в атмосферу через свічки запалювання. Крім того, втрати газу на компресорних станціях (до 10 000 м<sup>3</sup> влітку) відбуваються під час очищення пиловловлювачів.

Компресорні станції викидають в атмосферу велику кількість оксидів азоту та вуглецю з паливних установок. Якщо газ містить сполуки сірки, то викидаються сірководень та діоксид сірки (табл. 1.1).

У зв'язку з великою кількістю автотранспорту, майстерень та АЗС, які працюють на етилованому бензині та дизельному паливі, визначено вміст вуглеводнів бензину, сажі, свинцю та його сполук в атмосферному повітрі.

Викиди діоксиду кремнію, оксиду марганцю, оксиду заліза, фтору та фтористого водню змінюються залежно від процесів зварювання, процесів металообробки з виділенням металевого пилу, процесів деревообробки з виділенням деревного пилу та методів зберігання парів метанолу.

Табл. 1.1 - Типовий перелік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу газотранспортними об'єктами

Найменування речовини	Використовуваний критерій ГПК(гранична припустима концентрація(макс.раз.) Класифік.рів.небезп.	Значення критерію, мг/м <sup>3</sup>	Викиди в тонах на рік
Свинець та його неорганічні сполуки	I	0,001000	0,0003
Марганець та його сполуки	II	0,010000	0,00038
Діоксид азоту	II	0,085000	148,9
Фториди газоподібні	II	0,02000	0,00031
Оксид заліза	III	0,040000	0,0048
Оксид азоту	III	0.400000	147,672
Сажа	III	0,150000	0,0043
Діоксид сірки	III	0,500000	0,161
Метанол	III	1,000000	0,02
Оксид вуглецю	IV	5,000000	455,737
Бензин нафтовий	IV	5,000000	0,262
Діоксид кремнію	ОБР(орієнтовно безп.рівень впливу)	0,020000	0,00008
Метан	ОБР	50.000000	348,424
Одорант СПМ	ОБР	0,000050	0,0123
Пил абразивний	ОБР	0,000050	0,152
Пил деревний	ОБР	0,100000	0,3

Найбільш шкідливими речовинами у викидах є свинець та його сполуки, діоксид азоту, оксиди марганцю та фтористий водень.

Моніторингові показники якості повітря, такі як концентрації метану, діоксиду азоту, суми діоксиду азоту та діоксиду сірки, метанолу та деревного пилу, показують, що джерела викидів перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) в 1,2-1,8 рази. Оксид вуглецю, бензин і пахучі речовини перевищують ГДК у 0,6-0,8 рази. Зі збільшенням відстані від епіцентру викиду значення концентрації зменшуються в геометричній прогресії до досягнення мінімального або фонового значення. Так, на відстані 1000 м від джерела викидів максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин в результаті постійних викидів від компресорної станції становлять: діоксид азоту - 0,38 ГДК, метан - 0,65 ГДК, абразивний пил - 0,18 ГДК, решта знаходяться на фонових рівнях.

Викиди в атмосферу є основним шляхом надходження забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферу, переносяться на великі відстані повітряними потоками і беруть участь у різних фізичних процесах і хімічних змінах. Весь процес взаємодії забруднювачів з навколишнім середовищем можна розділити на кілька етапів

1. Первинне розбавлення під час викиду з джерела та підйому в атмосферний шар.
2. Розбавлення за рахунок турбулентної дифузії під час перенесення в зоні розповсюдження джерела.
3. Дальнє перенесення в повітряній масі від джерела та розбавлення повітряної маси за рахунок процесів турбулентної дифузії та вітрового зсуву між шарами повітря, що містять забруднюючі речовини.
4. Атмосферні реакції, що призводять до утворення вторинного забруднення та збільшення концентрації забруднюючих речовин у повітрі

5. Процеси видалення забруднень з атмосфери, що призводять до прискореного випадання опадів, хімічних реакцій у хмарних частинках і стікання забруднювачів на земну поверхню.

6. Сухе осадження, хімічні зміни під час транспортування до земної поверхні.

Очищення промислових стічних вод у системі збору компресорної станції складається з:

- Продування пиловловлювача (один-два рази на добу) (основна кількість промислових відходів).

(Основна кількість промислових відходів);

- Регулярне очищення газопроводів (один-два рази на рік);

- Очищення обладнання та резервуарів.

Утворення стічних вод на компресорних станціях є нерегулярним через коливання дебіту і, відповідно, очищення стічних вод пов'язане з частотою проведення технічних робіт.

- Бактерії, паразити і в деяких випадках віруси, що вражають людей і тварин;

- Розчинені органічні та завислі компоненти з високою біохімічною концентрацією.

Розчинені органічні та зважені компоненти з високим біохімічним споживанням кисню у водному середовищі:

- Тверді частинки, що осідають на дно (органічні та неорганічні).

Вони поглинають кисень під час процесів біохімічного розкладання;

- Завислі частинки (органічні та неорганічні).

Частинки (органічні та неорганічні), зважені на поверхні води як окремі частинки або суспензії;

- Високі концентрації поживних речовин (особливо сполук фосфору та особливо сполук фосфору та азоту).

Основні характеристики, що контролюються під час відбору проб води на компресорних станціях, наведені в Таблиці 1.2.

Табл. 1.2 - Основні характеристики, що контролюються при відборі проб води

Характеристика	Норматив
Запах, 20 бал.	2
Запах, 60 бал.	2
Кольоровість, град.	20
Присмак, бал.	2
Мутність мг/л	1,5
Окислюваність мг/л	2
Амоній мг/л	2
Нітріти, мг/л	3
Нітрати, мг/л	45
Загальна жорсткість, мг-екв/л	7
Сухий залишок, мг/л	1000
Хлориди, мг/л	350
Сульфати мг/л	500
Залізо, мг/л	0,3

Споживана вода в основному використовується для господарсько-побутових потреб та питного водопостачання.

Під час технічних процесів вода забруднюється різними органічними та неорганічними речовинами, наявність яких визначає спосіб очищення стічних вод. Всі стічні води збираються в одну трубу і проходять через найпростіші фільтри попереднього очищення та каналізаційні колодязі, які рідко відповідають стандартам якості скидання води. Потім вони транспортуються до підземної фільтраційної станції (розмір 10 x 50 м, продуктивність 60 м<sup>3</sup>/добу). На практиці вищезгадані очисні споруди

використовуються для попереднього відстоювання, фільтрації та коагуляції шкідливих домішок.

Попереднє очищення стічних вод значно покращує параметри управління. Оскільки фільтри працюють в основному в режимі механічної фільтрації, вміст зважених речовин і сухого залишку значно знижується.

Вміст нафтопродуктів у стічних водах значно перевищує нормативні значення, але це пов'язано з великою кількістю автотранспорту на компресорній станції. Існуючі очисні споруди не в змозі повністю видалити нафтопродукти, тому в пробах стічних вод спостерігається збільшення вмісту нафтопродуктів. Синтетичні поверхнево-активні речовини, що скидаються з побутовими стічними водами, є ще більш поширеними. Після попередньої фільтрації стічні води направляються на фільтрувальну станцію, де відбувається їх подальше очищення.

Механічні порушення ґрунтів зустрічаються майже на всіх об'єктах газовидобувної промисловості. Вони пов'язані з будівельними (прокладанням трубопроводів, зведенням промислових будівель, створенням житлових районів, прокладанням телекомунікацій) та меліоративними (зняттям родючих шарів, засипанням канав) роботами. Масштаб порушень залежить від масштабу і мети будівельного проекту та чутливості навколишнього середовища. В результаті змінюються фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, що спричиняє такі процеси, як водна та вітрова ерозія, перезволоження, ущільнення та забруднення земель. Шар накопичення гумусу руйнується або повністю зникає, матеріал з різних шарів змішується, а в нижній шар потрапляють породи з несприятливими фізичними властивостями і низькою потенційною родючістю. Окрім механічного порушення ґрунтового покриву, відбувається також хімічне забруднення ґрунту рідкими та газоподібними речовинами, такими як вуглеводні, хімікати, природний газ та продукти згоряння. Для газотранспортних підприємств визначено основні джерела хімічного забруднення. Це розливи

вуглеводневого конденсату, інгібітори корозії та гідратації під час очищення газопроводів, розливи турбінного палива, метанолу та органічних кислот.

Вплив біохімічно активних речовин на живі організми залежить від їх доступності для рослин та мобільності в ґрунті. Ризик накопичення і, відповідно, забруднення ґрунту біохімічно активними елементами зростає з важчим гранулометричним складом і нижчим вмістом вологи. Ризик забруднення ґрунту менш рухомими формами сполук біохімічно активних елементів зростає з підвищенням вмісту гумусу та вищою сорбційною здатністю.

Рухливість речовин у ґрунті відрізняється тим, що вона відбувається переважно в результаті дифузії або масопереносу в пористих середовищах. У природних умовах вода просочується крізь ґрунт в результаті випадання опадів або штучного зрошення. Речовини в ґрунті рухаються разом з водою і тому розподіляються відповідно до їхнього профілю [5].

### 1.5 Розробка пропозицій щодо забезпечення екологічної безпеки газотранспортної системи

В цьому розділі буде проведено аналіз та оцінка стану та параметрів змодельованої умовно за амб'єнтним методом газотранспортної системи який дозволить зробити висновки про суттєвий вплив її об'єктів на екологічний стан навколишнього середовища. З метою зниження негативного впливу та забезпечення екологічної безпеки під час функціонування будьякої газотранспортної системи необхідно застосування сучасних технологій виявлення та ліквідації витоків газу з магістральних газопроводів.

Збереження цілісності систем технологічних об'єктів нафтогазового сектора є одним із основних завдань під час його експлуатації. Виникнення навіть невеликого витoku може завдати величезних збитків зонам з підвищеною чутливістю до забруднення навколишнього середовища:

населеним зонам, водним розподільним системам. При транспортуванні природного газу відбуваються зміни температури та тиску, механічна напруга на вузлах трубопроводу (таких як засувки та ущільнення), що може призводити до порушення герметичності та витоків метану.

Своєчасне обстеження та технічне обслуговування обладнання дозволяє запобігти та знизити викиди метану з витоками природного газу. Обстеження виконується в першу чергу на вузлах, найбільш схильних до витоків. До таких вузлів відносяться ущільнення вентилів, пневматичні контролери, патрубки скидання, включаючи випускні отвори та спускні труби, лінії продування, пневматичні стартери двигуна та клапани скидання тиску.

В результаті основних перевірок, у наступні роки використовуються для проведення подальших оглядів, дозволяючи операторам сконцентрувати увагу на вузлах, схильних до витоків, усунення яких рентабельне.

У Табл. 1.3 представлені технології запобігання витоку метану, а в Табл.1.4 наведено узагальнені дані щодо застосування, ефективності та орієнтовної вартості способів виявлення та вимірювання витоків метану. Технологію виявлення, визначення та запобігання витокам метану необхідно вибирати з урахуванням протяжності, віддаленості та доступності об'єкта, розміру витоків та економічних витрат.

Спочатку проводяться обстеження щодо виявлення місць витоків. Вимірюється масовий обсяг емісії з вузлів, через які відбувається витік газу, оцінюється вартість ремонту та розраховується період окупності ремонту за кожним витоком.

Таблиця 1.3 - Технології запобігання витоку метану

№	Технологія	Вимоги до системи, умови застосування	Область застосування
1	Тестування на знос спускових клапанів та проведення технічного обслуговування	Тестування може бути проведене за допомогою газоаналізатора, акустичного визначника витоків або з використанням газозбірника під час роботи клапанів спуску. Технологія прибуткова і застосовна до всіх типів клапанів спуску.	Видобуток, переробка, транспортування та розподіл природного газу та нафти
2	Переведення газових пневматичних систем управління технологічними процесами (регулювання тиску, температури, рівня рідини та потоку газу) на механічні системи управління	Зовнішні механічні важільні з'єднання мають бути зафіксовані та добре змащені. Технологія застосовна до всіх пневматичних регуляторів, що працюють на газі.	Видобуток, переробка, транспортування та розподіл природного газу
3	Щорічна інспекція промислових трубопроводів	Обстеження можуть проводитися із застосуванням газоаналізаторів, акустичних визначників витоків, інфрачервоної камери, аналізаторів органічної пари для виявлення витоків. Технологія застосовна для всіх промислових трубопроводів газовидобутку.	Видобуток природного газу

Продовження таблиці 1.3			
4	Обстеження та технічне обслуговування обладнання віддалених ділянок газопроводів	Обстеження виявлення місць витоків необхідно проводити. У наступні роки слід перевіряти вузли, найбільш схильні до витоків, усунення яких оцінюється як економічно ефективно для зниження емісії метану (засувки, клапани управління, сполучні муфти, ущільнення компресора і патрубки). Практика застосування до наземних установок.	Видобуток, переробка, транспортування та розподіл природного газу
5	Безпілотні авіаційні системи	Достатня категорія безпілотників середнього радіусу дії, тип 3 середньої дальності: радіус дії газу до 400 км (передача команд керування та сигналів корисного навантаження через ретранслятор, у тому числі супутникову лінію зв'язку). Злітна вага до 1000 кг). Можлива необхідність живильного напруги від бортової мережі повітряного судна. Технологія забезпечує відсутність необхідності в аеродромі	Транспортування природного газу

Табл. 1.4 - Характеристика обладнання для виявлення та вимірювання витоків їх вартісні показники

Технологія	Застосування	Орієнтовні капітальні витрати	«Позитивний ефект»
Розчин ПАР (мильний)	Малі джерела витоку	\$100-\$500 (залежно від вартості обладнання)	Підвищення надійності обладнання. Оперативний, простий та недорогий метод.
Електронні газоаналізатори	Фланці, клапани, великі зазори та лінії незамкнуті на кінцях	Менш за \$1 000	Підвищення надійності обладнання. Метод може використовуватися на великих відкритих ділянках, де неможливе нанесення мильного розчину. Визначення місць витоків з його основи може бути утруднено при великій концентрації вуглеводневих газів. У діапазоні до вибухонебезпечних концентрацій термокаталітичні датчики працюють добре.
Акустичні детектори/ультразвукові детектори	Усі компоненти, великі витoki, газ під тиском та недоступні вузли	\$10000-\$20000 (залежить від чутливості приладу, розміру, суміжного обладнання)	Підвищення надійності обладнання. Акустичні датчики особливо зручні для виявлення витоків, пов'язаних з клапанами типу випускних, запобіжних пристроїв скидання тиску, з'єднаних з вентиляційними відводами для газів.

Продовження таблиці 1.4

Інфрачервона камера	Усі компоненти, великі витоки, газ під тиском та недоступні вузли	\$450-\$11490(залежить від чутливості приладу та розміру)	Виявлення витоків метану на віддалених/недоступних об'єктах. Може працювати в ручному режимі, вона також може бути встановлена на вертольоті. Використовує відео або фотографії. Підвищення безпеки об'єктів, зниження викидів газу, потенційне зниження викидів небезпечних речовин, економія природного газу та збільшення доходу, потенціал для зниження витрат та підвищення ефективності оглядів обладнання шляхом оцінки технологій та методологій зі зниження викидів метану, можливість обстеження 3000 компонентів на годину. Час обстеження мінімальний, що веде до зменшення витрат на обслуговування.
Розподілені волоконно-оптичні системи	Усі компоненти		Система забезпечує підвищення надійності та довговічності обладнання. Безперервний контроль трубопроводу за відсутності мертвих зон у покритті системи. Можливість детектування та локалізації тріщин. Безперервний контроль незалежно від погодних умов. Можливість детектування та локалізації георизиків (рух ґрунтів поблизу трубопроводу). Висока чутливість. Відсутність хибних спрацьовувань. Використання розподілених волоконно-оптичних систем для вирішення завдань охорони та моніторингу цілісності трубопроводів дозволяє досягти просторового дозволу.

Газорозподільні об'єкти та схеми широко використовуються майже у всіх галузях промисловості. Газопроводи відносяться до категорії небезпечних промислових об'єктів, які можуть завдати значної матеріальної та екологічної шкоди у разі виникнення аварійної ситуації. Трубопроводи характеризуються високим ризиком негативного впливу на навколишнє середовище під час будівництва та експлуатації. Специфічний вплив трубопроводів на навколишнє середовище включає високі теплові ефекти, пов'язані із займанням газу, значне погіршення стану ґрунту та рослинності, а також масштабні викиди парникових газів. Тому забезпечення екологічної безпеки під час будівництва небезпечних виробничих об'єктів є важливим питанням.

Інтенсивний розвиток трубопровідного сектору призведе до розробки та введення в експлуатацію нових газових і нафтових родовищ, будівництва газопровідних мереж, насосних і компресорних станцій, електростанцій та інших необхідних наземних, підводних і підземних об'єктів.

Газопроводи піддаються ряду особливих умов, що характеризуються впливом факторів навколишнього середовища.

Всі галузі промисловості сьогодні в тій чи іншій мірі негативно впливають на навколишнє середовище. Це є причиною тенденції до мінімізації впливу. Зменшення негативних впливів та навантажень під час будівництва та експлуатації газопроводів визнано одним із пріоритетних напрямків у будівництві таких об'єктів. Тому розробка переліку природоохоронних заходів, спрямованих на запобігання та/або зменшення можливих негативних наслідків планованої діяльності, є актуальним завданням.

Об'єктами дослідження є підвідні газопроводи високого та низького тиску. Вибір теми дослідження обумовлений тим, що даний об'єкт є небезпечним виробничим об'єктом і його будівництво матиме негативний

вплив на компоненти довкілля. У зв'язку з цим необхідно провести оцінку впливу запропонованого об'єкта на навколишнє середовище, сформувавши на основі цієї оцінки перелік природоохоронних заходів, оцінити економічну ефективність природоохоронних заходів та запропонувати систему заходів з оптимізації технічних параметрів, спрямованих на вирішення поставленої проблеми.

Метою дослідження є оцінка впливу небезпечних виробничих об'єктів на навколишнє середовище під час будівництва та експлуатації.

Метою дослідження є забезпечення екологічної безпеки при будівництві небезпечних виробничих об'єктів (наприкладі газопроводів високого та низького тиску).

## 2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ПАРАМЕТРИ ДОВКІЛЛЯ

Територія дослідження здебільшого розташована на рівнинній місцевості. Основними формами рельєфу, що визначають структуру земної поверхні на цій території, є сприятливі ґрунти.

Загалом, наприклад, на вододілах зустрічаються плоскі западини, а на схилах - зсуви.

Четвертинні відклади покривають більшу частину старих порід. Четвертинні відклади мають особливе значення у формуванні, рельєфі та геології сучасних ґрунтів і в основному представлені суглинистими ґрунтами, рідше зустрічаються алювіальні відклади, такі як алювій і верхні шари ґрунту та суглинки, флювіогляціальні піски і супіски.

Загальна структура циркуляційних процесів зумовлена переважно антициклональною діяльністю. У теплі періоди підвищена сонячна радіація сприяє нагріванню і висушуванню континентального повітря під час обмінних процесів, що призводить до зменшення хмарності в цей період. Несприятливими явищами є тумани, хуртовини, наземні хуртовини та ожеледиця. Ґрунти на територіях газотранспортних систем та навколо них складаються з непорушених ґрунтів, природних та антропогенних ґрунтів, поверхнево модифікованих ґрунтів, глибоких штучно модифікованих ґрунтів та антропогенних поверхневих ґрунтів у ґрунтоподібних шарах.

На піщаних терасах переважають чорноземи типові, чорноземоподібні, жовто-бурі зв'язні піщані ґрунти, а на супіщаних терасах - лучно-чорноземні та осушені чорноземи. У заплавах переважають заплавні алювіальні дернові і заплавні алювіальні дернові відміни та лучні ґрунти. На надзаплавних терасах поширені алювіальні болотні ґрунти, переважно мулуватого гумусово-гравійні та мулуватого торф'яні.

Чорноземи типові зустрічаються на великих площах під трав'янистою та злаковою рослинністю [6-9].

## 2.1 Екологічний стан атмосфери

При експлуатації газотранспортних об'єктів двома основними джерелами забруднення є прямі ділянки газопроводів та компресорні станції.

Джерелами забруднення повітря є ділянки з великим технологічним обладнанням, наприклад, компресорні цехи та котельні, автотранспортні об'єкти, склади паливно-мастильних матеріалів (АЗС), зварювальні станції, металообробні ділянки, деревообробні цехи, склади метанолу, допоміжні служби, наприклад, склади технологічних рідин. Сюди також входять установки підготовки газу для допалювання.

На компресорних станціях 98% забруднювачів повітря походять від газоперекачувальних агрегатів, а решта 2% - від продуктів згоряння газу в котельнях та електростанціях. Під час зупинки та запуску газоперекачувальних агрегатів велика кількість газу (до 2200 м<sup>3</sup> газу) викидається в атмосферу через «». Крім того, втрати газу (до 10 000 м<sup>3</sup> влітку) відбуваються на компресорній станції при вибуху пиловловлювача. Компресорні станції викидають в атмосферу велику кількість оксидів азоту та вуглецю від паливоспоживаючого обладнання. Вміст вуглеводнів бензину, сажі, свинцю та його сполук у повітрі вимірювався для етилованого бензину та дизельного палива, ремонтних майстерень та автозаправних станцій. Виявлено, що викиди діоксиду кремнію, оксиду марганцю, оксиду заліза, фтору та фтористого водню залежать від зварювальних процесів, металевого пилу на металообробних підприємствах, деревного пилу на деревообробних підприємствах та способу зберігання парів метанолу.

Слід також зазначити, що, як обов'язкова умова безпечної експлуатації компресорних станцій, атмосфера виробничих приміщень (не рідше одного разу на зміну), свердловин та інших споруд перевіряється переносними газоаналізаторами, завдяки чому неорганізовані джерела викидів від запірної арматури (пневмокранів) практично відсутні [7].

Загалом 132 стаціонарні джерела викидів викидають 1 131 650 тонн забруднюючих речовин на рік. Найбільші частки припадають на метан - 378 424 тонни на рік (1 567 000 г/с), діоксид азоту - 167 276 тонн на рік (5,81637 г/с), закис азоту - 129 298 тонн на рік (5,308 г/с), оксид вуглецю - 455 737 тонн на рік (18,5155 г/с). Організовані джерела викинули 956,94145 тонн забруднюючих речовин на рік, тоді як неорганізовані джерела (автостоянки, АЗС, склади метанолу та пневматичні крани) викинули 174,7086 тонн на рік. Найбільше шкідливих сполук викидають компресорні цехи 3 (37,326953 т/рік, 3,3%) та 4 (1079,6076 т/рік, 95,4%).

Загалом викиди (1131 650 т/рік) містять близько 20 речовин з різними класами небезпеки (Таблиця 3.1). Особливо небезпечні та токсичні речовини (I та II класу небезпеки) становлять 167 27698 тонн на рік або 14,8% від загальної маси всіх викидів (без урахування NO). Найбільш небезпечними речовинами у викидах є свинець та його сполуки, діоксид азоту, оксиди марганцю та фтористий водень. Ці речовини потрапляють у приземний шар повітря переважно з таких джерел котельні, зварювальні майданчики та автотранспорт. Речовини III класу токсичності (0,3173 тонни або 0,03% на рік) також є набагато більш небезпечними, особливо діоксид сірки, металевий пил і пил сажі. До цього ж класу належать діоксид кремнію та метанол. У приземному повітрі також були виявлені сполуки IV класу небезпеки в кількості 834 428 тонн (73,7%) на рік. До них відносяться оксид вуглецю, метан, бензин і оксид заліза.

Для визначення ступеня забруднення повітря поблизу компресорної станції було розраховано розподіл основних забруднюючих речовин: Вміст оксиду вуглецю, бензину та пахучих речовин у зрідженому нафтовому газі коливається в межах 0,6-0,8 ГДК. Концентрації експоненціально зменшуються з віддаленням від джерела викидів до досягнення мінімального або фонового значення. Так, на відстані 1000 м від джерела викидів максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин, що постійно викидаються компресорною станцією, становлять діоксид азоту (та

комбінована група  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$ ) - 0,38 ГДК, метан - 0,65 ГДК, абразивний пилю - 0,18 ГДК, решта - на рівні фонових значень. Розташування джерела викидів в межах проммайданчика компресорної станції, переважаючий напрямок вітру та рухливість молекул забруднюючих речовин впливають на характер лінії дифузної ізоляції.

Атмосферні викиди є основним шляхом потрапляння забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Потрапляючи в атмосферу, забруднюючі речовини підхоплюються повітряними потоками, переносяться на великі відстані і беруть участь у різних фізичних процесах і хімічних змінах. Весь процес взаємодії забруднювачів з навколишнім середовищем можна розділити на кілька важливих етапів [8]:

- 1) Викиди від джерел та їх початкове розбавлення при підйомі в атмосферу;
- 2) розбавлення за рахунок турбулентної дифузії під час перенесення в зоні розповсюдження джерела забруднення; та
- 3) розбавлення повітряних мас внаслідок далекого перенесення від джерел у повітряних масах і процесів турбулентної дифузії між шарами повітря, що містять забруднюючі речовини, та ефектів зсуву вітру; і
- 4) атмосферні реакції, що призводять до утворення вторинного забруднення та підвищення концентрації забруднюючих речовин у повітрі
- 5) процеси видалення забруднень з атмосфери, що призводять до прискореного випадання опадів, хімічних реакцій у хмарних частинках і скидання забруднювачів на земну поверхню; і
- 6) сухе осадження, хімічні зміни під час транспортування до земної поверхні.

У зв'язку з цим розглядається модель перенесення забруднюючих речовин: процеси утворення забруднюючих речовин при спалюванні палива, утворення і трансформація аерозольних частинок і трансформація основних забруднюючих речовин - метану, метанолу, діоксиду сірки, оксидів азоту і вуглецю.

## 2.2 Екологічний стан гідросфери

Наприклад, промислові стічні води в системі збору компресорної станції можуть включати:

- Продування пиловловлювача (один-два рази на день) (основний обсяг промислових стічних вод)
- Періодичне (один-два рази на рік) очищення газопроводів;
- Очищення обладнання та резервуарів.

Витрата газу на компресорних станціях коливається, а отже, нерівномірна, відповідно, коливаються і обсяги скидання стічних вод.

Неочищені стічні води містять п'ять основних забруднювачів:

- Бактерії, паразити і в деяких випадках віруси, що впливають на людей і тварин;
- Розчинені органічні та зважені компоненти з високим біохімічним споживанням кисню у водному середовищі;
- Тверді частинки (органічні та неорганічні), які осідають на дно і поглинають кисень під час біохімічного розкладання;
- Зважені частинки (органічні та неорганічні), що утримуються на поверхні води як окремі частинки або суспензії;
- Висока концентрація поживних речовин (особливо сполук фосфору та азоту).

Основним джерелом водопостачання компресорної станції є три артезіанські свердловини, розташовані на території майданчика. Унікальність компресорної станції полягає у її віддаленості від населеного пункту (3 км від центру міста) та відсутності компресора з водяним охолодженням (на станції встановлений компресор з повітряним охолодженням).

Згідно з планом, ліміт водозабору становить 56,35 тис. м<sup>3</sup> на рік. На практиці може використовуватися інша кількість, наприклад, 56,10 тис. м<sup>3</sup>

/рік. Якість перекачуваної води показана в Таблиці 2.2, і перекачувана вода в основному використовується для господарсько-питних потреб.

Під час технологічних процесів вода забруднюється різними органічними та неорганічними речовинами, наявність яких визначає метод очищення стічних вод. Всі стічні води збираються в одну трубу і проходять через найпростіші фільтри попереднього очищення та каналізаційні колодязі, але якість води рідко відповідає нормам скидання. Потім вона направляється на підземну фільтраційну станцію (розмір 10 x 50 м, продуктивність 60 м<sup>3</sup>/добу). На практиці вищезгадані очисні споруди використовуються для попереднього відстоювання, фільтрації та коагуляції шкідливих домішок. Це підтверджується, наприклад, зниженням концентрації нафтопродуктів, в деяких випадках більш ніж у 20 разів (табл. 2.1).

Крім того, при рН = 6,5-7,0 органічні та неорганічні сполуки у стічних водах зазнають різних хімічних змін, що призводять до утворення небажаної флокуляції, яка може мати сильніший вплив на біоту, ніж окремі сполуки.

Таблиця 2.1 - Якість води, яка споживається в магістральному газопроводі лінійною компресорною станцією з трьома функціонуючими свердловинами

Характеристика	Свердловина	Свердловина	Свердловина	Норматив
	1	2	3	
Запах, 20 бал	0	0	0	2
Запах, 60 бал	0	0	0	2
Кольоровість, град.	10°	10°	100°	20
Присмак, бал.	0	0	0	2
Мутність мг/л	3,9	<0,5	<0,5	1,5
рН	6,4	6,9	6,8	6,5-8,5
Кальцій, мг/л	66,2	105,2	102,8	
Магній, мг/л	13,4	21,3	20,3	
Окислюваність, мг/л	0,8	0,7	0,7	2
Амоній, мг/л	0,49	0,49	0,45	2

Продовження таблиці 2.1				
Нітрити, мг/л	0,011	< 0,003	< 0,003	0,3
Нітрати, мг/л	11,0	7,3	9,7	45
Загальна жорсткість, мг-екв/л	4,4	7,0	6,8	7
Сухий залишок, мг/л	433,0	378,0	376,0	1000
Хлориди, мг/л	41,0	22,0	12,5	350
Сульфати, мг/л	16,8	16,8	19,2	500
Залізо, мг/л	0,43	0,19	0,07	4011-72
Калій + натрій, мг/л	84,6	8,5	11,7	4974-72
Фтор, мг/л	0,37	0,34	0,4	0,7-1,5

Оскільки аналіз стічних вод на компресорних станціях зазвичай не проводиться, було детально вивчено хімічний склад води з джерела (артезіанської) та стічних вод до і після попереднього очищення. Він представлений комплексом розчинених неорганічних і органічних сполук та зважених нерозчинних речовин.

Результати аналізу підземних вод (табл. 2.2) показують, що, незважаючи на розбіжності в даних свердловин, загальний вміст забруднень у воді відповідає встановленим нормам. Аналіз стічних вод виявив значне перевищення ХСК, особливо за сухим залишком, завислими речовинами та вмістом хлоридів. У стічних водах містяться фосфати та розчинені нафтопродукти, які не присутні у вихідній воді. Їх утворення в основному пов'язане з використанням води у секторах побутового водопостачання та автомобільного транспорту.

Таблиця 2.2 - Результати аналізу стічних вод до очисних споруд після очисних споруд перед скиданням на поля фільтрації та після доочищення в лабораторній моделі біологічних ставків

N	Характеристика	Норма	I	II	III
1	Зважені речовини, мг/л	5-20	250,7	19	57
2	Сухий залишок, мг/л	< 1000	3168,3	231,0	207,6
3	Азот амонійних солей, мг/л	< 3,0	17,8	1,9	1,22
4	Азот нітратів, мг/л	<45,0	13,8	10,3	8,5
5	Азот нітритів, мг/л	< 0,3	0,37	0,14	0,1
6	ВПК5, мг/л	< 3,0	73,0	20,8	7,29
7	РН	6,5-8.5	7,11	7,02	7,33
8	Хлориди, мг/л	< 350	1009,3	128,5	40,7
9	СПАР, мг/л	<0,5	42,7	18,4	0,9
10	Фосфати, мг/л	< 3,5	6,55	2,8	0,82
11	Сульфати, мг/л	< 500	528,0	5,3	65,8
12	Нафтопродукти, мг/л	<0,1	2,06	0,1	0,04
13	Метанол, мг/л	< 3,0	н/про	н/про	н/о
14	Сульфіди, мг/л	<0,3	0,21	0,18	0,15
15	Колі-індекс	< 3,0	0,95	0,6	0,4

Продовження таблиці 2.2					
16	Колі-титр	100-200	1836	1636	200
17	Загальне мікробне число, $\times 10^3$	<100	1,35	1.2	0,093
18	Жорсткість, мг-екв/л	7,0	7,1	5,3	2,3

Фільтри працюють переважно в режимі механічної фільтрації, що значно знижує вміст завислих речовин та сухого залишку.

Через великий парк автотранспорту на компресорних станціях вміст нафтопродуктів у стічних водах значно перевищує референтні значення (на порядки). Оскільки очисні споруди не можуть повністю видалити нафтопродукти, в пробах стічних вод після попереднього очищення спостерігається збільшення вмісту нафтопродуктів.

Ще вищі рівні спостерігаються для речовин, що скидаються з господарсько-побутовими стічними водами. Присутність цих компонентів є причиною високих рівнів забруднення. Фільтри попереднього очищення також не можуть знизити ці рівні.

Тому після фільтра попереднього очищення стічні води направляються на фільтрувальну станцію, де відбувається додаткове очищення [9].

### 2.3 Екологічний стан ґрунтів

Механічна деградація ґрунтів спостерігається майже на всіх об'єктах газовидобувної галузі. Вони пов'язані з будівельними (прокладанням трубопроводів, зведенням промислових будівель, створенням житлових районів, прокладанням телекомунікацій) та меліоративними (зняттям родючого шару ґрунту, засипанням каналів) роботами. Масштаб порушень

залежить від масштабу і призначення споруджуваного об'єкта та чутливості навколишнього середовища. В результаті змінюються фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, що спричиняє такі процеси, як водна та вітрова ерозія, перезволоження, ущільнення та забруднення земель. Шари накопичення гумусу руйнуються або повністю зникають, матеріали з різних шарів змішуються і оголюються небажані фізичні властивості та потенційно менш родючі породи.

Окрім механічних руйнувань ґрунтового покриву, відбувається також хімічне забруднення ґрунту рідкими та газоподібними забруднювачами, такими як вуглеводні, хімікати, природний газ та продукти згоряння. Основні джерела хімічного забруднення були визначені для газотранспортних компаній. Це розливи вуглеводневого конденсату, інгібітори корозії та гідратації під час очищення газопроводів, розливи турбінного палива, метанолу та органічних кислот.

Ґрунти дуже різняться за своєю сприйнятливістю до хімічного забруднення. У більшості випадків накопиченню хімічних сполук, що потрапляють у ґрунт, сприяє важкий гранулометричний склад, високий вміст гумусу і карбонатів, значення рН, близькі до нейтральних, висока ємність катіонного обміну і легка хемосорбція аніонів.

Забруднювачі можна розділити на дві групи: по-перше, педохімічно активні речовини, які впливають на кислотно-лужний або окислювально-відновний стан ґрунту. До них відносяться мінеральні кислоти, луги, карбонати, сірководень і метан. Друга група - біохімічно активні речовини, які діють безпосередньо на живі організми. До них належать токсичні мікроелементи, пестициди та вуглеводні.

Вплив біохімічно активних речовин на живі організми залежить від їх доступності для рослин та рухливості в ґрунті. Ризик накопичення і, відповідно, забруднення ґрунту біохімічно активними елементами зростає з важчим гранулометричним складом і нижчим вмістом вологи. Ризик забруднення ґрунту біохімічно активними речовинами у менш рухомій формі

зростає з підвищенням вмісту гумусу і збільшенням сорбційної здатності ґрунту. Речовини в ґрунті характеризуються їх концентрацією в пористому середовищі та їх транспортуванням шляхом дифузії або масопереносу. У природних умовах вода просочується крізь ґрунт внаслідок випадання опадів або штучного зрошення. Речовини, що містяться в ґрунті, переміщуються разом з водою і розподіляються відповідно до їхнього профілю.

Сухі ґрунти мають здатність адсорбувати різноманітні гази та пари. Найчастіше адсорбуються молекули води. Вуглекислий газ, кисень і азот адсорбуються в меншій мірі. Адсорбція води, вуглекислого газу і кисню може супроводжуватися хімічною взаємодією (хемосорбцією) з компонентами твердої фази ґрунту. З ґрунтового розчину адсорбуються нейтральні молекули органічних сполук і гумінових речовин.

Необхідно визначити рівні забруднення метанолом, нафтопродуктами та важкими металами на досліджуваній території. На останні слід звернути особливу увагу в разі перевищення фонових значень свинцю, цинку та міді (і не тільки!). .

Також необхідно враховувати трансформацію основних забруднювачів у ґрунті: метану, метанолу, сполук азоту, сполук сірки, міді, свинцю, заліза, марганцю та нафтових вуглеводнів. Такий аналіз є змістом окремого завдання [10].

#### 2.4. Технологічні основи захисту навколишнього середовища

Робота компресорних станцій пов'язана з викидом великої кількості газоподібних речовин і тому має більший вплив на атмосферу, ніж на гідросферу та ґрунт. З огляду на це, ми пропонуємо різні заходи для зменшення технічного впливу станції. Наприклад, переобладнання газоперекачувальних агрегатів на пневматичні може зменшити втрати газу на 1,5-2,0 відсотки.

Одним із способів зменшення втрат газу є використання вторинних джерел енергії (ВДЕ) для опалення самої компресорної станції та зовнішніх споживачів, таких як житлові будинки, теплиці та овочеві фабрики. Тепло відхідних газів газоперекачувальних агрегатів можна використовувати для нагріву води та виробництва пари, а відхідні гази газотурбінних установок - для підживлення рослин вуглекислим газом. При цьому вміст токсичних речовин знижується шляхом каталітичного відновлення відновлювальними газами. Вторинні джерела енергії від компресорної станції можуть також використовуватися для підігріву води в аквакультурних ставках і водоймах.

Для досягнення максимального очищення стічних вод розробляються нові передові технології очищення та доочищення стічних вод. До них відносяться фізичні, хімічні та біологічні методи, а також анаеробне очищення стічних вод. Перспективними напрямками є озонування, зворотний осмос та фільтрація з використанням іонообмінних смол і полімерних адсорбентів.

Оскільки економічно та екологічно недоцільно будувати велику очисну станцію на цій компресорній станції, ми пропонуємо невелику очисну станцію з продуктивністю до 50 м/год, яка може очищати комбіновані стічні води, тобто суміш побутових та промислових стічних вод.

Системні заходи мають бути спрямовані на дослідження, розробку та впровадження найбільш ефективних схем доочищення господарсько-побутових та промислових стічних вод на стабілізованих водозборах з розвиненою водною рослинністю, що дозволить повернути очищену воду в систему кругообігу води, зменшити природний забір води на технічні потреби та зменшити кількість забруднених вод. Зменшення скидання стічних вод.

Найбільш раціональним методом очищення стічних вод є біологічний, заснований на практично необмеженій здатності мікроорганізмів, водоростей і вищих водних рослин трансформувати забруднювачі різної хімічної природи. Також дуже важливо, що біологічне очищення здійснюється з

мінімальними витратами енергії на одиницю маси речовини, що видаляється. На основі проведених експериментів з великої кількості водних рослин можна вибрати найкращий біологічний адсорбент.

Біологічними методами можна окислювати органічні сполуки аліфатичного ряду, аміловий, етиловий і метиловий спирти, ацетон, гліколь, гліцерин, анілін та багато інших речовин. При тривалій адаптації стійкі сполуки, такі як толуол, ксилол, вуглеводні та олії, також можуть бути розкладені.

Одним з найбільш перспективних біологічних методів є очищення побутових стічних вод і гною в біологічних ставках. Промислові та побутові стічні води, очищені в біологічних ставках, менше шкодять водним об'єктам і можуть бути використані, наприклад, для промислового оборотного водопостачання. Унікальною особливістю біологічних ставків є те, що незабаром після їх заповнення починається інтенсивний ріст планктонних водоростей, які значно покращують процес очищення стічних вод в біологічних ставках. З цієї причини в біологічні ставки для очищення стічних вод часто додають різні культивовані водорості. Крім очищення стічних вод від органічних забруднень, біологічні ставки, які зазвичай використовуються для видалення зі стічних вод різних сольових компонентів (іонів важких металів, іонів легких металів, хлоридів, азоту, фосфору і т.д.), засаджені макрофітами і водними рослинами, є одним з найбільш перспективних методів опріснення промислових стічних вод. Глибокі методи очищення стічних вод, засновані на контакті з високою водною рослинністю, називаються біологічними водними. Вони базуються на біохімічних процесах, таких як окислення, фільтрація, абсорбція та накопичення органічних речовин, і можуть бути розділені на збір стічних вод, насосні станції, фільтри попереднього очищення, пісковловлювачі, симбіотенки та вторинні відстійники,

насосні станції, резервуари для розподілу води, біологічні ставки з водними рослинами

Неорганізація, детоксикація, адсорбція, хемосорбція та ін. Високий ступінь очищення досягається при безперервному проходженні води через регульовану популяцію рослин (напівзанурених, суспендованих і занурених), де вищі водяні рослини виступають своєрідним бар'єром на шляху дифузних забруднювачів, що потрапляють у водойму, і регулюють якість води не тільки своїми фільтруючими властивостями, але й здатністю поглинати біогенні елементи з води.

Водні рослини мають важливу властивість детоксикації різних токсичних речовин, що потрапляють у водойми: Вони поглинають різні пестициди, такі як ДДТ, севін і атразин, а поглинені рослинами пестициди зазнають різних хімічних перетворень, стають інертними і вивільняються з водойми разом з речовинами на поверхні землі.

Висока біомаса водних рослин може бути використана як додаткове джерело корму для тваринництва, птахівництва та рибництва. Це пов'язано з тим, що вода, яка очищується на компресорних станціях, містить дуже мало вибухонебезпечних або токсичних речовин.

Можна сказати наступне

- Біогідробіологічні методи можуть бути використані для очищення стічних вод з компресорних станцій Острова та інших газотранспортних об'єктів у різних географічних і кліматичних регіонах країни.

Після очищення у біоставах, засаджених високою водною рослинністю, вода може бути використана для системи оборотного водопостачання компанії та для різних технічних цілей.

Заходи з охорони ґрунтів, спрямовані на запобігання або зменшення негативного впливу механічного впливу та хімічного забруднення, складаються з низки природоохоронних заходів, спрямованих на захист ґрунтових ресурсів під час експлуатації, включаючи: мінімізацію кількості та розмірів промислових зон і доріг; локалізацію відходів виробництва; зменшення кількості відходів виробництва; утилізацію та вилучення з метою більш повного використання і знешкодження продуктів очищення

трубопроводів, а також використання шламів газопереробних заводів, що вдуваються в пиловловлювачі.

Передбачається також рекультивація деградованих ґрунтів, яка зазвичай здійснюється у два етапи. Перший етап (технічний) має розпочатися до початку будівельних робіт. Його основна мета - зберегти родючі та потенційно родючі шари ґрунту для більш раціонального використання. Другий етап (біологічний) характеризується агротехнічними заходами з відновлення родючості ґрунту. Її зміст залежить від зони застосування та фізико-хімічних властивостей поверхневого шару ґрунту [11].

### 3 ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ГАЗОРОЗПОДІЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ТЕОРІЇ ГІПЕРМЕРЕЖ

Значного зменшення впливу на навколишнє середовище можна досягти шляхом зменшення зовнішнього периметру великих газопроводів.

У цьому розділі розглядається задача оптимізації систем транспортування природного газу в магістральних газопроводах. Аналіз схеми розподілу газу показує, що вона топологічно ізоморфна відомому математичному об'єкту - планарному графу. Теорія графів - широкий розділ дискретної математики, що систематично вивчає властивості графів і широко використовується в техніці, інженерії, економіці, розв'язанні задач управління, програмуванні, хімії, проектуванні та дослідженні електричних схем, комунікації, психології, соціології та лінгвістиці.

Граф - це система довільних об'єктів (вершин) і зв'язків (ребер), що з'єднують деякі пари цих об'єктів [16]. Це геометрична фігура, що складається з ліній, які з'єднують точки. Точки називаються вершинами графа, а лінії - ребрами (див. рис. 3.1).

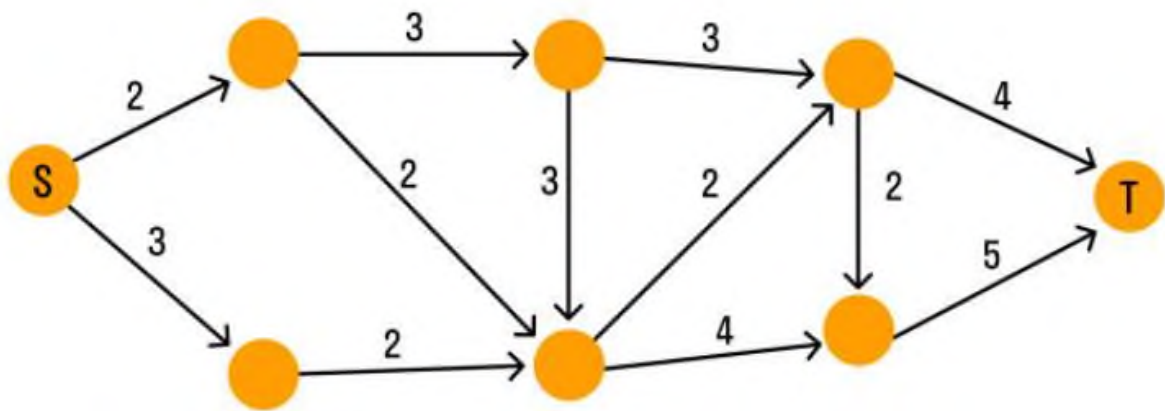


Рисунок 3.1 – Зображення типового графу

Ми пропонуємо користуватись теорією графів змоделювати умовну систему газорозподілу із заданими початковими і вихідними параметрами.

В такій моделі вузли і ребра відображають компоненти системи газорозподілу. Уявимо, що система траспротуючих труб може буде зображенна у вигляді графа зображеного на Рис. 3.2 Кожна дуга графа нехай відображає трубу, числа над дугами – пропускну спроможність труб, вузли – місця з'єднання труб. Речовина, що транспортується, нехай передається по трубах тільки в одному напрямку. Вузол S - джерело подачі, вузол T - стік.

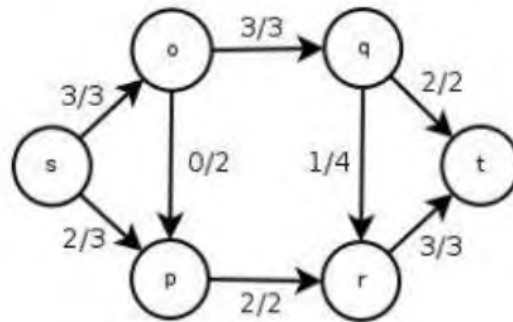


Рис. 3.2 – Звичайний граф, на котрому кожна стрілка зображує трубу

Поставимо наступне завдання: максимізувати об'єм, що прокачується від джерела до стоку.

Для розв'язання цієї задачі скористаємося теоремою Форда-Фалкерсона.

Теорема Фолкерсона [16-18]. Ідея цього методу та пов'язаного з ним алгоритму полягає в тому, щоб покроково знайти максимальний потік (верхню межу накопичення покроково для заданої кількості ребер, вузлів та довжин периметрів). Спочатку вважається, що потік дорівнює нулю. На кожному наступному кроці значення потоку збільшується. Ці кроки повторюються до тих пір, поки не будуть знайдені додаткові транспортні шляхи (відповідні ребра графа). У нашій роботі такі розв'язки отримано для різних модельних графів, що моделюють умовні газорозподільні системи. Розв'язки таких задач широко застосовуються до розподілених систем з різним складом та структурою і можуть бути використані для оптимізації параметрів, зокрема, в системах газо- та водопостачання. Застосовуючи описаний вище підхід до конкретних графів, пов'язаних з реальними умовами газопостачання, можна оптимізувати робочі параметри системи, такі як

оптимальна довжина периметра (у випадку нормальних графів) або  
максимальна пропускна здатність (у випадку гіпермереж) [12-18].

## ВИСНОВКИ

Запропонуйте комплексний методологічний підхід до вирішення проблеми екологічної оцінки впливу газотранспортних установок на навколишнє середовище, а на прикладі навколишніх газотранспортних мереж. Запропонуйте методи і окремі технології, а також впливу на навколишнє середовище для усунення або зменшення їх антропогенного впливу. Вони зроблені:

- а) аналіз природної екологічної характеристики Розташування об'єкта і його стійкості до різних антропогенних впливів;
- б) аналіз ступеня антропогенного впливу і шкоди навколишньому середовищу за фоновими показниками;
- в) технологічний та допоміжний опис компресорної станції, технологічні та технічні характеристики обладнання, джерело забруднюючих речовин, стічні води та інші несприятливі впливи;
- г) аналіз основних забруднювачів з урахуванням кліматичних, геохімічних та інших природних і антропогенних факторів, їх впливу на людину і навколишнє середовище, їх поведінки;;
- д) аналіз розподілу забруднюючих речовин в навколишньому середовищі при роботі компресорної станції;
- (е) рішення щодо вдосконалення технічних процесів для зменшення шкідливих викидів та їх негативного впливу;;
- ж) розробка і впровадження найбільш підходящих методів очищення атмосфери і гідросфери від викидів.

2. Аналіз типових параметрів газотранспортних систем показує, що основними забруднювачами атмосфери є метан, діоксид азоту, вуглець і оксиди азоту. Інші забруднюючі речовини виділяються вто-яких разів менших кількостях.

За останні 5 років кількість викидів забруднюючих речовин в атмосферу значно скоротилася у зв'язку з реалізацією технічних заходів, спрямованих на

захист навколишнього середовища і зниження навантаження на об'єкти газової промисловості. Крім того, зовсім недавно викиди були скорочені через зменшення кількості перекачуваного газу. жовтень. Викиди досягають значень встановлених стандартів PPV, які вже знаходяться в межах санітарно-захисної зони. Однак концентрація багатьох речовин (метану, метанолу, діоксиду азоту, корозійного пилу) перевищує нормативи в джерелі викидів. Це може бути пов'язано з несправністю приладів бензонасоса та інших пристроїв, а також зі значними втратами газу при пуску/зупинці станції, а також в аварійних ситуаціях.

3. Стічні води є основною причиною забруднення мінеральної води. Серед забруднюючих речовин, вміст яких у стічних водах збільшується, необхідно декомунізувати нафтопродукти. На підприємстві встановлено найпростіше прибиральне обладнання. Але якість останнього вимагає найкращого. Тому рекомендується проводити очищення стічних вод з використанням біопрудів з найвищими водними рослинами.

4. Основними і найбільш небезпечними речовинами, що забруднюють ґрунт, є метанол, нафтопродукти і важкі метали. Зазвичай він перевищує фонові значення свинцю, цинку та міді.

5. Всебічний екологічний аналіз впливу об'єктів газової промисловості на навколишнє середовище показує доцільність проведення аналогічних робіт на аналогічних транспортних об'єктах. Це пов'язано з тим, що немає детальної теоретичної основи для оцінки можливої шкоди навколишньому середовищу від експлуатації таких установок. Компресорні станції розташовані в регіонах з різними фізико-географічними умовами, щільністю промислових і сільськогосподарських об'єктів, тому дуже важливо всебічно оцінити антропогенний вплив на біосферу.

У зв'язку з вищевикладеними основними проблемами, що стоять перед технологіями захисту навколишнього середовища, є:

а) провести всебічний аналіз антропогенного впливу газових мереж на навколишнє середовище з урахуванням інших антропогенних джерел та можливих реакцій природного середовища;;

б) розробка екологічно чистих технологій для зниження впливу газотранспортного обладнання на навколишнє середовище

Зведіть до мінімуму і відновіть вже пошкоджені компоненти.

в) застосування підходу з використанням елементів теорії плоских графів(теорема Форда-Фалкерсона) з урахуванням реальних умов газопостачання дозволяє оптимізувати робочі параметри системи такі, скажімо, як оптимальний периметр(з теорії звичайних графів), або максимальну пропускну здібність (у разі гіпер- мереж ),і таким чином знизити шкідливе навантаження на навколишню среду.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

I. З метою зниження рівня негативного впливу об'єктів газовидобувної галузі на навколишнє середовище можна запропонувати наступні заходи

1. розглянути можливість модернізації або заміни існуючого технологічного обладнання на більш сучасне з метою зменшення викидів газу в атмосферу
2. зокрема оцінка можливості використання природного газу
3. регулярні аналізи стічних вод перед скиданням на фільтраційну станцію
4. регулярний моніторинг якості дощових і талих вод та визначення сезонних впливів для кращого розуміння впливу об'єкту на водне середовище. -.
5. дослідити можливість будівництва малих очисних споруд, включаючи піскоуловлювачі та комунальні живі резервуари, а також замінити підземну зону фільтрації біологічним ставком, засадженим численними водними рослинами, для створення технічного водообігу.
6. регулярно відбирати та аналізувати зразки ґрунту та уважно стежити за його станом.
7. звернути особливу увагу на городи в безпосередній близькості від газотранспортних об'єктів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кодекс газотранспортної системи України: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.09.2015 № 2493. URL: [<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z137815#Text>](<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1378-15#Text>) (дата звернення: 22.11.2024).
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: [<https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>](<https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>) (дата звернення: 22.11.2024).
3. Haruna A. Mitigating oil and gas pollutants for a sustainable environment: Critical review and prospects // *\*Journal of Cleaner Production\**. 2023. Vol. 416. P. 13786.
4. Manalo A., Lokuge W. Physical and mechanical properties of cement mortar containing fine sand contaminated with light crude oil // *\*Procedia Engineering\**. 2016. Vol. 145. P. 250–258.
5. Білецький В. Ф. Основи транспорту природних вуглеводнів = *\*Fundamental of natural hydrocarbons transport\**: навч. посібник. Харків: НТУ «ХП», 2019. 274 с.
6. National Energy Technology Laboratory (NETL). Cost and performance baseline for fossil energy plants, Volume 1: Bituminous coal and natural gas to electricity. Revision 2. United States Department of Energy, 2010. DOE/NETL-2010/1397.
7. Myhre G., Shindell D., Bréon F.-M., et al. Anthropogenic and natural radiative forcing // *\*Climate Change 2013: The Physical Science Basis\**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. P. 659–740.
8. Tollefson J. Methane leaks erode green credentials of natural gas // *\*Nature\**. 2013. Vol. 493. P. 136.

9. Cathles L. M., Brown L., Taam M., Hunter A. A commentary on “The greenhouse gas footprint of natural gas in shale formations” by R.W. Howarth, R. Santoro, and A. Ingraffea // *\*Climatic Change\**. 2012. . P. 69–79.
10. Герасимов О. І., Співак А. Я., Сідлецька Л. М. Фізичні механізми процесів, на яких базуються технології очистки та дезактивації забруднених систем: монографія. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2024. 98 с.
11. Герасимов О. І. Фізика складних нерівноважних систем та процесів: монографія. Одеса: ОДЕКУ, 2023. 187 с.
12. Герасимов О. І., Співак А. Я. Окремі задачі фізики м'якої матерії: монографія. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 200 с.
13. Gerasymov O. I. Structure and photonics of discrete meso-scaled anisotropic system: monograph. Odesa: TES, 2019. 242 p.
14. Gerasymov O. I., Khudyntsev M. M., Klymenkov O. A. New materials technologies in the tasks of the safety technologies: monograph. Odesa, 2021. 78 p.
15. Герасимов О. І., Курятников В. В. Розв'язання задач з «Технологій захисту навколишнього середовища»: навчальний посібник. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2024. 120 с.
16. Harris V. *Graph Theory and its Applications*. New York: Academic Press, 1970. 300 p.
17. Порох, М. В., Герасимов, О. І. Оптимізація систем газорозподілу за допомогою теорії гіпермереж // *Матеріали XXIII наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 22-26 квітня 2024 року*. С. 288–289.