

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-330-11>

УДК 658.5:622.276:368

ФАДЕЄВА Ірина

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

<https://orcid.org/0000-0002-6978-1621>

[i.fadyeyeva@gmail.com](mailto:i.fadyeyeva@gmail.com)

ТУЦЬ Ілона

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

<https://orcid.org/0000-0001-6122-6036>

[ilonka130799@gmail.com](mailto:ilonka130799@gmail.com)

## ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ МІНІМІЗАЦІЇ ФІНАНСОВИХ ВТРАТ НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ВІД НАСЛІДКІВ ВИКИДІВ ВУГЛЕВОДНІВ

У статті розкрито сутність і обґрунтовано переваги впровадження запропонованого механізму мінімізації втрат нафтогазовидобувних підприємств від викидів таких забруднюючих речовин, як водонафтогазова суміш, нафта, газ та хімічні речовини. Проаналізовано стан та виявлено тенденції здійснення запобіжних заходів, спрямованих на попередження втрат від забруднення навколишнього середовища. Виявлено проблеми упровадження економіко-екологічних механізмів мінімізації втрат від викидів у контексті управління екологічними ризиками. Розроблено модель економіко-екологічного механізму мінімізації втрат як ефективного способу управління екологічними ризиками. Для компенсації екологічних збитків нафтогазовидобувних підприємств запропоновано використання обов'язкового екологічного страхування. Показано, що основними напрямками розвитку механізму обов'язкового екологічного страхування є забезпечення реальної компенсації застрахованих екологічних збитків, що призведе до зменшення навантаження на державний та місцеві бюджети.

Ключові слова: економіко-екологічний механізм, мінімізація втрат, викиди вуглеводнів, нафтогазовидобувні підприємства, обов'язкове екологічне страхування.

FADYEYeva Iryna, TUTS Iлона

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

## FORMATION OF AN INNOVATIVE MECHANISM TO MINIMIZE FINANCIAL LOSSES OF OIL AND GAS PRODUCTION COMPANIES FROM THE CONSEQUENCES OF HYDROCARBON EMISSIONS

The article reveals the essence and substantiates the advantages of implementing the proposed mechanism minimization of losses. Environmental risks that arise in the process of functioning of oil and gas production enterprises and are accompanied by significant losses are identified. The problems of implementing economic and ecological mechanisms for minimizing losses from emissions in the context of environmental risk management have been identified. Proposals have been developed to provide compensation for losses of oil and gas production enterprises due to emissions of pollutants, as well as a model of the economic-ecological mechanism of minimizing losses as an effective way of managing environmental risks. In order to compensate environmental losses of oil and gas production enterprises, the use of mandatory environmental insurance is proposed. It is shown that the main directions of the development of the mandatory environmental insurance mechanism are the provision of real compensation for the insured environmental losses, the reduction of the burden on the state and local budgets, the development of economic bases for the analysis and management of environmental risks of oil and gas production enterprises.

Key words: economic-ecological mechanism, loss minimization, hydrocarbon emissions, oil and gas production enterprises, mandatory environmental insurance.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Охорона довкілля від викидів забруднюючих речовин є важливою складовою соціально-економічної системи України, яка суттєво впливає на забезпечення екологічної безпеки, збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для життєдіяльності, запобігання шкідливому впливу забруднень атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище.

До ключових факторів, що визначають розвиток цієї системи, належить і економіко-екологічний. Особливого значення цей актор набуває на сучасному етапі реалізації єдиної науково-технічної політики у галузі охорони атмосферного повітря. Вона передбачає встановлення єдиних екологічних вимог до обладнання та споруд, забезпечення безпеки господарських об'єктів і запобігання виникненню аварій та техногенних катастроф, впровадження і використання сучасних екологічно безпечних технологій. Наразі відбувається формування нового технологічного підходу, у якому все більше реалізується його соціальний характер завдяки розробленню та впровадженню інформаційних та когнітивних технологій, механізмів адаптації до наслідків зміни клімату, а також модернізації практичної системи охорони атмосферного повітря.

Суттєву загрозу довкіллю в Україні створюють нафтогазовидобувні підприємства (НГВП), оскільки їх функціонування пов'язане з викидами водонафтогазової суміші, супутного газу, нафти, хімічних речовин та ін. Тому на часі є запровадження таких економіко-екологічних механізмів мінімізації втрат нафтогазовидобувних підприємств від негативних наслідків викидів, які були б врегульовані і структуровані системами планування фінансування та стимулювання економіко-організаційних заходів, спрямованих на попередження виникнення екологічно небезпечних ситуацій та спиралися на елементи економічного механізму природоохоронної діяльності, інноваційну політику, ефективний моніторинг стану довкілля та об'єктів НГВП, а також належним чином організовані та ефективні екологічну експертизу та екологічний аудит.

Впровадження дієвого економіко-екологічного механізму мінімізації втрат НГВП від негативних наслідків викидів є одним із основних напрямів розвитку нафтогазовидобувної промисловості. Проте для цього потрібні не лише концепції чи програми, а також інноваційні розробки у сфері економіко-екологічних інструментів, призначених для попередження і запобігання втратам від надходження в атмосферне повітря забруднюючих речовин або суміші таких речовин. З огляду на це проблема створення і розвитку економічних механізмів мінімізації втрат НГВП від викидів, як ефективного способу управління екологічними ризиками, сьогодні є актуальною.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Державна політика України [1-4] у екологічній сфері спрямована на перехід до еколого-орієнтованого виробництва, побудову збалансованої інституційної інфраструктури, забезпечення відповідного рівня екобезпеки, розвиток загальноцивілізаційних цінностей. При цьому організаційна природа державної екологічної політики реалізується завдяки чинному екологічному законодавству України і, особливо, регіональному нормативно-правовому регулюванню. Відповідно до основних напрямів державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки для реалізації державної екологічної політики визначено [4] три рівні управління - національний, регіональний і місцевий. Формує, забезпечує та реалізує державну політику у галузі охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів Міністерство екології та природних ресурсів України [5]. Саме воно здійснює комплексне координоване управління, що охоплює моніторинг та екологічний контроль щодо охорони, використання і відтворення довкілля.

Як зазначається у [6], особливу роль відіграє державна система екологічного моніторингу довкілля, яка є інтегрованою інформаційною системою, що здійснює збирання, збереження та оброблення екологічної інформації для відомчої та комплексної оцінки і прогнозування стану природних середовищ, умов життєдіяльності, вироблення обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних економічних, соціальних та екологічних рішень на усіх рівнях державної виконавчої влади.

У [7] підкреслено, що питання розвитку такого наукового напрямку, як економіко-екологічний, зокрема його механізмів і інструментів, потребують когнітивного обґрунтування. Питання екологічної інформатики, сталого розвитку та економіко-екологічного природокористування, що розглянуті у [8], дають змогу розкрити її нові аспекти при дослідженні втрат нафтогазовидобувних підприємств від негативних наслідків викидів нафтогазової суміші у атмосферне повітря і розроблені механізми їх мінімізації. Проте економіко-екологічний механізм не замінює функції менеджменту, але створює додаткову інтелектуальну підтримку процесам прийняття управлінських рішень щодо викидів.

Однією з важливих проблем розвитку теорії і практики природокористування є, як зазначено у [10], комплексна оцінка економіко-екологічних втрат, оскільки економічні вимірювання негативних наслідків антропогенного впливу на довкілля є базою для формування економічних механізмів природокористування, зокрема охорони атмосферного повітря. Проте у [12] зазначається, що універсальної одиниці економічного вимірювання шкоди навколишньому природному середовищу не існує. Це обумовлено тим, що екологічні втрати - це не тільки негативні кількісні, але й якісні зміни у суспільстві, соціальних групах, компаніях, що настають у результаті реалізації екологічного ризик-події. Виходячи з цього, екологічні втрати слід розглядати, перш за все як соціально-економічна категорію. У [10-13] зазначаються наступні види економічних втрат, що відбулися внаслідок екологічних інцидентів: фактичні, непрямі, прямі, одномоментні, перманентні, динамічні, відвернуті, латентні.

Авторами [10] визначені головні причини загроз стабільності екосистеми в Україні, зокрема: застарілі технології виробництва та обладнання, висока енергомісткість та матеріаломісткість виробництва продукції, що перевищує у 2-3 рази відповідні показники розвинутих країн; високий рівень концентрації промислових об'єктів; несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв; відсутність належних природоохоронних систем, недостатня апаратна та технологічна оснащеність існуючих природоохоронних об'єктів; відсутність ефективного правового і економічного механізмів, які стимулювали б розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем; відсутність належного рівня організації контролю за охороною довкілля.

## **ВИДІЛЕННЯ НЕВИРИШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ**

Отже, з огляду на сучасний стан справ у нафтогазовидобувній промисловості України і аналіз наукових досліджень у цій сфері, можна стверджувати, що актуальним є завдання подальшого розвитку економіко-екологічних механізмів мінімізації втрат НГВП від негативних наслідків викидів вуглеводнів у напрямі адаптації до зміни загроз таких втрат в умовах невизначеності, а також прогнозування оцінки таких втрат і пошук джерел їх компенсації.

### **ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ**

Метою статті є пошук шляхів розв'язання наукової проблеми кількісної компенсації екологічних втрат від викидів вуглеводнів нафтогазовидобувних підприємств.

### **ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ**

Розвиток охорони атмосферного повітря на глобальному рівні характеризується загальними для багатьох країн світу процесами, серед яких, зокрема особливої уваги заслуговують питання прогнозування кліматичних змін і розробки механізмів адаптації до наслідків змін клімату [7,9].

Світові викиди CO<sub>2</sub> ще 2010 року досягли 33 млрд. тонн [9] і продовжують зростати. Слід зазначити, що більша їх частка припадає на спалювання нафтопродуктів, природного газу, вугілля у енергетиці, промисловості, будівництві та на транспорті. Якщо не застосувати спеціальних заходів для обмеження і скорочення викидів парникових газів, то їх збільшення може набути загрозливого характеру і тоді стане можливим підвищенням температури не на безпечні 2-3°C до 2050 року, а на 5-6°C і більше, що може викликати катастрофічні наслідки.

В Україні відсутність системного підходу до вирішення соціально-економічних проблем супроводжується витратним механізмом господарювання на усіх рівнях управління, методичною та технологічною незабезпеченістю управління процесами охорони атмосферного повітря.

Потужними джерелами надходження в атмосферне повітря забруднюючі речовини є НГВП, у складі яких функціонують, головним чином, неорганізовані стаціонарні джерела викидів, що задіяні у технологічній схемі герметизованої системи видобування, збирання, транспортування та підготовки нафти і супутного газу. До них належать нафтовидобувні свердловини, групові вимірювальні установки, сепараційні установки, дотискувальні насосні станції, установки підготовки нафти. До складу підприємства входять також організовані стаціонарні джерела викидів, зокрема газові котельні, а також пересувні джерела відпрацьованих газів - автомобільний транспорт.

Технологічний цикл видобування, підготовки і транспортування нафти і супутного газу є неперервним у часі і розподіленим у просторі процесом. Отже, у виробничому процесі бере участь велика кількість технологічних об'єктів, які є потенційними джерелами викидів, і за функціонуванням яких потрібен постійний контроль. Це накладає певні обмеження на облаштування території нафтопромислу.

Важливим завданням, що можливо вирішити за допомогою інноваційних технологій, є реалізація комплексу організаційних, технологічних, а також економіко-технологічних механізмів управління, що забезпечують мінімізацію втрат НГВП від викидів, і адаптації їх до наслідків змін довкілля. Аналіз процесів оперативного управління НГВП, як емерджентного об'єкта, мережею технологій показує, що вони здійснюються у дискретному часі відповідно до однозначних правил [14], тобто детермінованими моделями. Інформація про ці правила надається менеджменту у вигляді відповідної експлуатаційно-технічної документації. Проте використання таких правил не означає, що у процесі управління підприємство завжди буде функціонувати відповідно до них. Це обумовлено тим, що на роботу НГВП постійно впливає безліч неконтрольованих факторів різного походження, які не були враховані при створенні правил управління. До таких негативних впливів належать викиди нафтогазової суміші, супутного газу, нафти, парникових газів, хімічних реагентів тощо. Затримка або похибка у виявленні таких ситуацій, які є позаштатними, а також у прийнятті і реалізації відповідних управлінських рішень після їх виявлення, можуть призвести до різних негативних і навіть катастрофічних наслідків. Тому такі управлінські рішення повинні прийматися у реальному масштабі часу, що можна реалізувати шляхом впровадження економіко-екологічного механізму і наступного використання відомих методів ситуаційного управління.

Очевидно, що для побудови таких механізмів необхідно, у першу чергу, навчитися виявляти потенційно можливі викиди вуглеводнів, що само по собі є досить складною проблемою. Складність її вирішення обумовлена рядом причин:

- число потенційно можливих позаштатних ситуацій, пов'язаних з викидами на об'єктах НГВП, є досить значним;
- форми представлення початкової інформації про викиди надаються аналітику у вигляді вербальних фрагментарних описів і мають цілий ряд специфічних особливостей, які суттєво ускладнюють їх структурування і побудову формалізованих моделей;
- відсутні загальносистемні методики для визначення складу і ступеня деталізації інформації, яка необхідна для ідентифікації викидів.

Ці обставини обумовлюють потребу вирішення наступних завдань:

- обґрунтування цільової функції для побудови моделі економіко-екологічного механізму оцінки і вибору запобіжних заходів для мінімізації втрат від викидів;
- побудова формальної економіко-екологічної моделі процесу оцінювання і вибору оптимальних варіантів реалізації запобіжних заходів для мінімізації втрат від викидів на основі цільової функції;
- розробка формального економіко-екологічного механізму оцінювання і вибору варіантів проведення ефективних запобіжних заходів для мінімізації втрат від ліквідації негативних наслідків викидів;
- створення методики інтелектуальної підтримки процесів прийняття зважених управлінських рішень щодо вибору оптимальних запобіжних заходів для мінімізації втрат від викидів на основі цільової функції.

Формальна модель довгострокового стратегічного планування діяльності НГВП в умовах невизначеності і загрози викидів наведена на рис. 1.

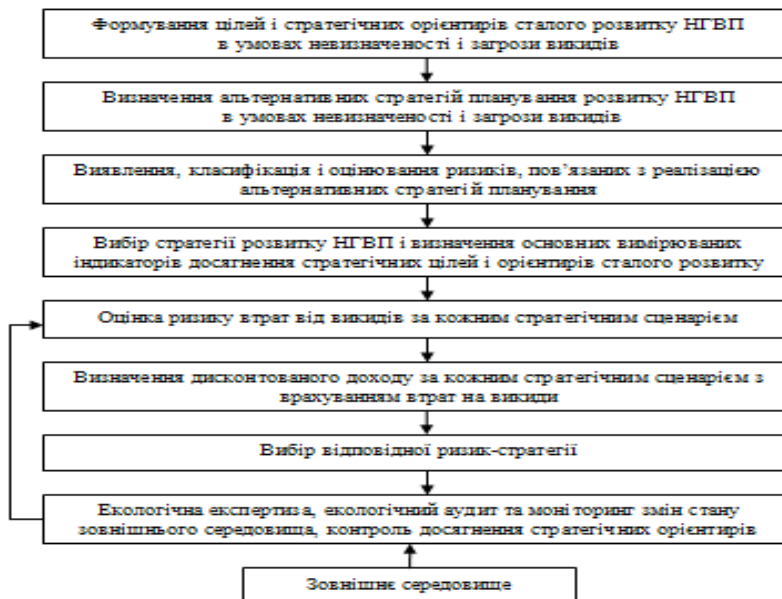


Рис.1. Формальна модель довгострокового стратегічного планування діяльності НГВП в умовах невизначеності і загрози втрат від викидів

Джерело: власна розробка авторів

Очевидно, що для стратегічної прогностичної оцінки внутрішньої загрози появи втрат від викидів, необхідно ідентифікувати виробничо-технологічні і екологічні ризики, що виникають у процесі видобування нафти і газу. Цю задачу запропоновано вирішувати у декілька етапів, що наведені на рис. 2.

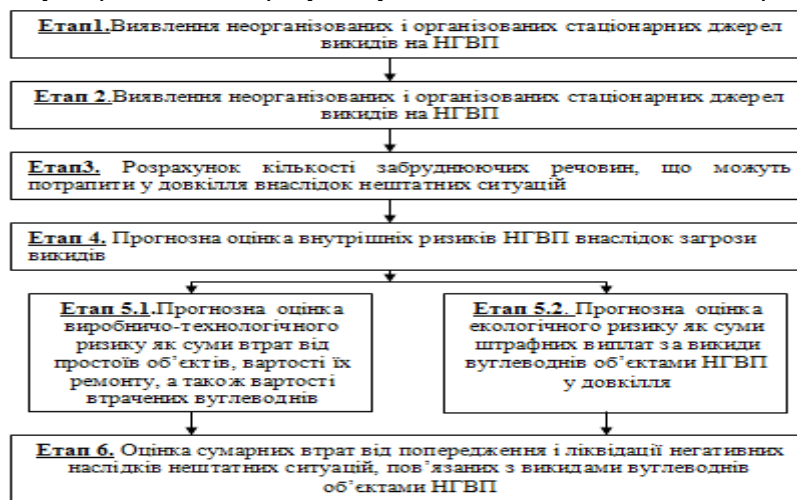


Рис. 2. Етапи прогностичної оцінки втрат НГВП від негативних наслідків викидів вуглеводнів

Джерело: власна розробка авторів

Слід зазначити, що оцінка сумарних втрат від попередження і ліквідації негативних наслідків позаштатних ситуацій, пов'язаних з викидами за кожною альтернативною стратегією завершується, як правило [15], розрахунком чистого дисконтованого доходу.

$$ERR = \sum_{m=1}^T \frac{Q_m (\text{Price}_m - \text{PrimeCost}_m) - \text{Losses}K_m - \text{Risc}bpm_m - \text{Risc}E_m}{(1 + E + \sum_m r_i)}, \quad (1)$$

де  $ERR$  – чистий дисконтований дохід по плану видобутку і реалізації вуглеводнів з урахуванням ризиків викидів;

$m=1,2,\dots,T$  – кількість років, на які робиться розрахунок;

$Q_m$  – обсяг товарної продукції;

$\text{Price}_m$  – ціна реалізації одиниці продукції впродовж  $m$ -го року;

$\text{PrimeCost}_m$  – собівартість видобування та реалізації одиниці продукції за планом на  $m$ -й рік;

$\text{Losses}K_m$  – капітальні витрати, заплановані у  $m$ -му році;

$\text{Risc}bpm_m$  – виробничо-технологічний ризик у вигляді економічних збитків від аварій у абсолютному вираженні за планом на  $m$ -й рік;

$\text{Risc}E_m$  – екологічний ризик у вигляді економічних збитків (штрафів) внаслідок аварій за планом на  $m$ -й рік;

$E$  – норма дисконтування;

$r = \frac{\sigma_i}{M_i}$  – відносна міра  $i$ -го типу ризику, де:

$\sigma_i = \sqrt{D}$  – середньоквадратичне відхилення  $\Delta x_i$  – середнього значення відхилення факторів  $i$ -го виду ризиків,

$$D_i = \sum_{i=1}^n (\Delta x_i - M_i)^2 \cdot f_i - \text{дисперсія } \Delta x_i;$$

$\Delta x_i = |x_{i_{nl}} - x_{i_{факт}}|$  – відхилення факторів  $i$ -го виду ризиків;

$$M_i = \sum_{i=1}^n \Delta x_i \cdot f_i - \text{математичне сподівання } \Delta x_i;$$

$x_i$  – значення фактору  $i$ -го виду ризику;

$$f_i = \frac{k_i}{n_i} - \text{частота } \Delta x_i;$$

$k_i$  – число повторів  $\Delta x_i$ ;

$n_i$  – загальне число спостережень  $i$ -го виду ризику;

$x_{i_{nl}}$  – планове значення фактору  $i$ -го виду ризику;

$x_{i_{факт}}$  – фактичне значення фактора  $i$ -го виду ризику.

Виробничо-технологічний ризик НГВП у грошовому виразі для  $m$ -го року розраховується за формулою:

$$\text{Losses}_m = \text{Losses}np_m + \text{Losses}ab_m + \text{Expenditure}rem_m, \quad (2)$$

де  $\text{Losses}np_m$  – збитки від простого нафтопромислового об'єкта за  $m$ -й рік;

$\text{Losses}ab_m$  – вартість вуглеводнів та хімічних речовин, що були втрачені у результаті аварій нафтопромислового об'єкта у  $m$ -му році;

$\text{Expenditure}rem_m$  – витрати на ремонт нафтопромислового об'єкта для ліквідації негативних наслідків аварій у  $m$ -му році.

Збитки від простого нафтопромислового об'єкта внаслідок аварії можна визначити за формулою:

$$\text{Losses}np_m = Q_{об} - t_{np} \cdot Q_{num} \cdot \text{Price}_m, \quad (3)$$

де  $Q_{об}$  – продуктивність об'єкта;

$t_{np}$  – тривалість простою;

$Q_{num}$  – питома продуктивність об'єкта

$\text{Price}_m$  – ціна реалізації одиниці продукції.

Ще однією важливою складовою втрат від аварій нафтопромислового обладнання є викиди вуглеводнів і хімрегентів. При розрахунку втрат  $Losses ab_m$  припускаємо, що виявлення і відокремлення місця аварії виконано після початку аварії, і що рідина, яка була у аварійному апараті або трубопроводі витекла повністю. Тоді:

$$Losses ab_m = q_{e.n} \cdot Pr ice_n + q_{e.g} \cdot Pr ice_g + q_{e.p} \cdot Pr ice_p, \quad (4)$$

де  $q_{e.n}$  - кількість нафти, втраченої у результаті аварії;

$q_{e.g}$  - кількість газу, втраченого у результаті аварії;

$q_{e.p}$  - кількість реагентів втрачених у результаті аварії;

$Pr ice_n$ ,  $Pr ice_g$ ,  $Pr ice_p$  - ціна нафти, газу та хімреагентів відповідно.

Результуючий екологічний ризик розраховується за формулою:

$$Risc_E = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k V_{ij} \cdot e_j, \quad (5)$$

де  $V_{ij}$  - кількість забруднюючих речовин (або їх суміші), яка може потрапити у довкілля під час аварії на  $i$ -му нафтопромисловому об'єкті, і яка розраховується з урахуванням кількості аварій, їх частоти і питомого розподілу речовин у викиді;

$i = 1, 2, \dots, N$  - види нафтопромислового обладнання НГВП, що використовується у технологічній схемі видобування, збору, транспортування і підготовки нафти і супутнього газу;

$e_j$  - питома штрафна плата за шкоду від викидів забруднюючих речовин у  $j$ -й компонент навколишнього природного середовища;

$j = 1, 2, 3$  - компоненти навколишнього природного середовища – повітря, земля, вода.

Якщо порівнюється декілька стратегії планування видобутку і реалізації вуглеводнів  $A \cup B \cup C$ , то інтегральна величина ризику  $Risc$  визначається як різниця між значеннями чистого дисконтованого доходу  $ERR$  за базовим варіантом та чистим дисконтованим доходом згідно інших стратегічних планів видобування, що враховують втрати від ліквідації негативних наслідків викидів та в витрати на запобіжні заходи, тобто:

$$Risc = ERR - ERR_{A \cup B \cup C}, \quad (6)$$

З урахуванням величини ризику обирається оптимальна ризик-стратегія, яка може бути використана як інструмент реагування на невизначеність щодо викидів.

На основі проведеного аналізу різних моделей взаємозв'язку чистого доходу і екологічних ризиків запропоновано новий підхід із застосуванням ризик-стратегії до створення екологічного механізму мінімізації втрат від викидів як формального опису вирішення задачі зменшення екологічних збитків, і як інструменту урахування змін зовнішнього середовища у реальних умовах неповноти, невизначеності, неточності і суперечливості вхідної інформації за наявності порогового обмеження часу на цикл формування і реалізації рішень щодо запобігання аварійних ситуацій. Цей механізм призначений для управління шляхом застосування спеціальних методів та впливів і складається з функціональної і забезпечуючої підсистем.

На першому етапі здійснюється ідентифікація і комплексний аналіз джерел викидів, ймовірності та наслідків настання викидів з урахуванням поточного гео-інформаційного контексту, а також ризиків появи викидів. Експертними методами визначаються фактори ризику, зміна ризику у часі, ступінь взаємозв'язку з іншими ризиками, фактори впливу на ризики, ймовірність збитків, а також обставини їх виникнення. Джерелами інформації є оперативні дані, експертні оцінки, прогнози, нормативно-правові акти, бухгалтерська та статистична звітність.

Після цього проводиться якісний і кількісний аналіз ризиків появи викидів, виявлених на першому етапі, і формується множина варіантів заходів і ризик-стратегія для зменшення можливих втрат від викидів з урахуванням інформації з бази впорядкованих знань, матриці мінімізації втрат від викидів і бази прецедентів.

База впорядкованих знань складається з бази цілей, бази сценаріїв, бази прецедентів, бази фактів, бази правил, бази процедур, бази моделей, бази метазнань.

Матриця мінімізації втрат від викидів об'єктами НГВП дозволяє визначити найбільш оптимальні способи зменшення або нейтралізації ризиків за рахунок запропонованих специфічних способів. Вона призначена для того, щоб зняти більшу частину невизначеності, передбачити появу несприятливих факторів у виробничому циклі, заздалегідь ідентифікувати профіль ризику і розробити комплекс запобіжних заходів.

Запропоновано новітній підхід, що ґрунтується на базах прецедентів (case based reasoning - CBR), тобто на використанні методу висновку по прецедентам для ефективного управління процесом мінімізації втрат від негативних наслідків викидів на об'єктах НГВП.

Прецедент розглядається як опис проблеми або позаштатної ситуації з докладним зазначенням дій, що вживаються у цій ситуації або для вирішення даної проблеми. Складовими прецеденту є опис проблеми, спосіб вирішення цієї проблеми та результат застосування цього рішення.

Для економіко-екологічного механізму мінімізації втрат від викидів об'єктами НГВП пропонується наступна структура прецедента:

1. Стан об'єкта до позаштатної ситуації.
2. Позаштатна ситуація, що відбулася на даному об'єкті, (дата).
3. Причина викиду.
4. Кількісна оцінка викиду.
5. Запобіжні заходи, що були застосовані до появи викиду, і заходи, що були прийняті після виявлення викиду для ліквідації негативних наслідків аварії.
6. Стан об'єкта після ліквідації негативних наслідків аварії.
7. Вартість комплексу заходів з запобігання і ліквідації негативних наслідків аварії на об'єкті як сума:

- прямих втрат від виникнення позаштатної ситуації даного типу;
- відновлювальних втрат, пов'язаних з ліквідацією наслідків аварії даного типу;
- невідновлених збитків внаслідок виникнення викиду на НГВП.

Наповнення бази прецедентів відбувається на основі апріорної інформації за допомогою реальних або змодельованих викидів, також і після завершення робіт з ліквідації наслідків аварії, оскільки поточна ситуація перетворюється у черговий прецедент, який має бути занесений до бази прецедентів.

Однією з найбільш важливих проблем у формуванні економіко-екологічного механізму мінімізації втрат від викидів є проблема вибору відповідного прецеденту. Зокрема, після того, як прецеденти вилучені з бази, менеджеру необхідно обрати один з них, порівнюючи ознаки вилучених прецедентів з ознаками поточної позаштатної ситуації. Для цього, як правило, користуються найбільш популярним методом "найближчого сусіда", у основі якого покладено спосіб вимірювання тестової і числової близькості прецедента і поточної ситуації за кожною ознакою, яка вважатиметься корисною для досягнення мети - мінімізації втрат від викиду.

Отже, менеджмент НГВП у своєму розпорядженні має базу прецедентів *CBR*, набір характеристик навколишнього середовища, що не змінюється впродовж часу *Geo*, інформацію про множину можливих типів позаштатних ситуацій на території НГВП, що супроводжуються викидами *TypeSite*, вектор максимально припустимих ймовірностей виникнення позаштатних ситуацій подібного типу *P*, комплекс запобіжних заходів *TM* у вигляді матриці мінімізації втрат від викидів.

Користуючись цими даними менеджментом НГВП вирішується задача мінімізації втрат від наслідків викидів на об'єктах підприємства, результатами чого є:

- управлінська дія:

$$U_{TypeSite_i} \rightarrow_{TM} TypeSite_{norm}, \quad (7)$$

де  $TypeSite_{norm}$  - ситуація, яка відповідає нормальному режиму експлуатації нафтогазового обладнання, яке потерпіло від позаштатної ситуації;  $i=(1,n)$ ;

- вартість комплексу заходів з попередження і ліквідації негативних наслідків позаштатної ситуації, яка обчислюється як сума вартості усіх заходів:

$$Price(TM) = \sum_{a=1}^i Price(tm_a), tm_a \in TM, \quad (8)$$

де  $a$  - кількість заходів;

- загальна сума втрат НГВП, пов'язаних з мінімізацією втрат від викиду за звітний період:

$$Losses(TM) = Losses_i^H(Geo) + Losses_i^{PP} + Losses(tm_i), \quad (9)$$

де  $Losses_i^H(Geo)$  - сума невідновлених збитків НГВП внаслідок викиду  $i$ -го типу;

$Losses_i^{PP}$  - сума прямих втрат від викиду;

$Losses(tm_i)$  - сума витрат, пов'язаних з ліквідацією наслідків викиду  $i$ -го типу;

- загальна ймовірність розвитку позаштатної ситуації  $type\ site_i$ , яка супроводжується викидом:  $p(Geo, TypeSite, CBR, type\ site_i)$ . Інформація для обчислення ймовірності розвитку позаштатної ситуації отримується з існуючої на НГВП інформаційної системи або шляхом експертних оцінок.

- інтервал часу  $interval(tm_i)$ , необхідний для прийняття рішення при ліквідації первинних наслідків викиду. Час, необхідний для вирішення цієї задачі, скорочується за рахунок використання прецедентів.

Таким чином, формальну постановку задачі функціонування економіко-екологічного механізму мінімізації втрат НГВП від запобігання і ліквідації негативних наслідків позаштатних ситуацій, що супроводжується викидами, можна сформулювати так:

$$\left. \begin{array}{l} I_1 = price(tm_i) \\ I_2 = losses(tm_i) \\ I_3 = int erval(tm_i) \end{array} \right\} \rightarrow \min, \quad (10)$$

$$tm_i \in TM$$

а також  $p(Geo, TypeSite, CBR, type\ site_i) \rightarrow \min$   
 $type\ site_i \in Type\ Site.$

з обмеженнями по енергії, воді, екологічним нормам, режимам видобування і підготовки вуглеводнів, обсягом видобування і відвантаження продукції та ін.

Оскільки задача оптимізації є багатокритеріальною, для її вирішення використали пошук оптимального рішення методом Парето:

$$w_1 price(tm_i) + w_2 losses(tm_i) + w_3 int\ erval(tm_i) + w_4 p(Geo, Type\ Site, CBR, type\ site_i) \rightarrow \min \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^4 w_i = 1, w_i \geq 0$$

де  $w_i$  - коефіцієнти вагомості кожної цільової функції, які визначаються експертами, наприклад :  
 $w_1 = 0,2, w_2 = 0,35, w_3 = 0,25, w_4 = 0,2$ .

Після формування економіко-екологічних управлінських рішень для реалізації обґрунтованого варіанту запобіжних заходів і реалізації управлінських рішень мінімізації втрат від викидів здійснюється моніторинг відповідності реальної екологічної ситуації обраному комплексу заходів для мінімізації втрат. За результатами моніторингу виконується розрахунок суми коштів, що були витрачені у результаті викиду і формується список джерел фінансування та залучаються кошти даних джерел.

Сума коштів  $Means_i$ , що залучаються, повинна бути не меншою, ніж потреба для компенсації втрат від викидів  $Price_i + Losses_i$ . Тобто для  $i$ -того джерела викидів повинна виконуватися умова:

$$Means_i \geq (Price_i + Losses_i). \quad (13)$$

Таким чином, з упорядкованого списку джерел фінансування обираються такі джерела, з яких можуть бути покриті усі втрати від викиду. Оскільки, згідно матриці управління, маємо  $n$  джерел (обов'язкове екологічне страхування, стабілізаційний фонд НГВП, галузевий стабілізаційний фонд бюджетні та позабюджетні стабілізаційні фонди та ін.), то для кожного з них має бути розрахований залишок коштів:

$$(Price_i + Losses_i) - Means_i = \Delta, \quad (14)$$

який повинен відповідати умові  $\Delta \leq 0$ .

Якщо ця умова не виконується, то продовжуються пошуки усіх можливих джерел фінансування. Особливе значення у механізмі мінімізації втрат від викидів належить обов'язковому екологічному страхуванню, оскільки воно дає змогу не тільки компенсувати втрати підприємства від викидів, але й:

- гарантувати права фізичних осіб, які понесли збитки у результаті аварії на потенційно небезпечному об'єкті, на отримання відшкодування шкоди, спричиненої життю, здоров'ю та майну;
- захищати майнові інтереси власників джерел підвищеної небезпеки у зв'язку з пред'явленням їм претензій особами, які понесли збитки у результаті аварії;
- попереджати банкрутство підприємства у випадку великої аварії;
- сприяти попередженню виникнення аварій, підвищенню безпеки потенційно небезпечних об'єктів за рахунок аудиторських перевірок, застосування превентивних заходів, фінансуванню екологічно безпечного виробництва та впровадженню екологічно чистих технологій тощо.

Інтегрований алгоритм функціонування економіко-екологічного механізму мінімізації втрат нафтогазовидобувних підприємств від наведено на рис.3.

Формування і ввід вхідних даних здійснюється на основі результатів поточного екологічного контролю і моніторингу екологічної ситуації на НГВП, а також з використанням результатів екологічної експертизи і екологічного аудиту. Механізм екологічного моніторингу безперервно перевіряє поточний стан довкілля НГВП та обчислює ймовірність зміни ситуації кожного конкретного типу.

Якщо ймовірність виникнення позаштатної ситуації перевищує припустиму, то вживається заходи для запобігання викиду, а згодом, у разі його виникнення, вживаються заходи з ліквідації негативних наслідків.

Розроблення заходів здійснюється з використанням матриці мінімізації втрат від викидів, бази порядкованих знань і бази прецедентів.

На наступному етапі проводиться обчислення втрат від викиду та вартості комплексу заходів, визначення усіх можливих джерел фінансування і вибір найбільш з урахуванням обмежень. Для обраних джерел фінансування перевіряється виконання умови (13). Якщо ця умова виконується, то формуються дані для бази прецедентів. Оскільки база прецедентів зберігає кортежі



$\langle TypeSite, type\ site_i, TM, price(tm_i), losses(tm_i) \rangle$ , то до існуючих описів позаштатних ситуацій додається новий кортеж.

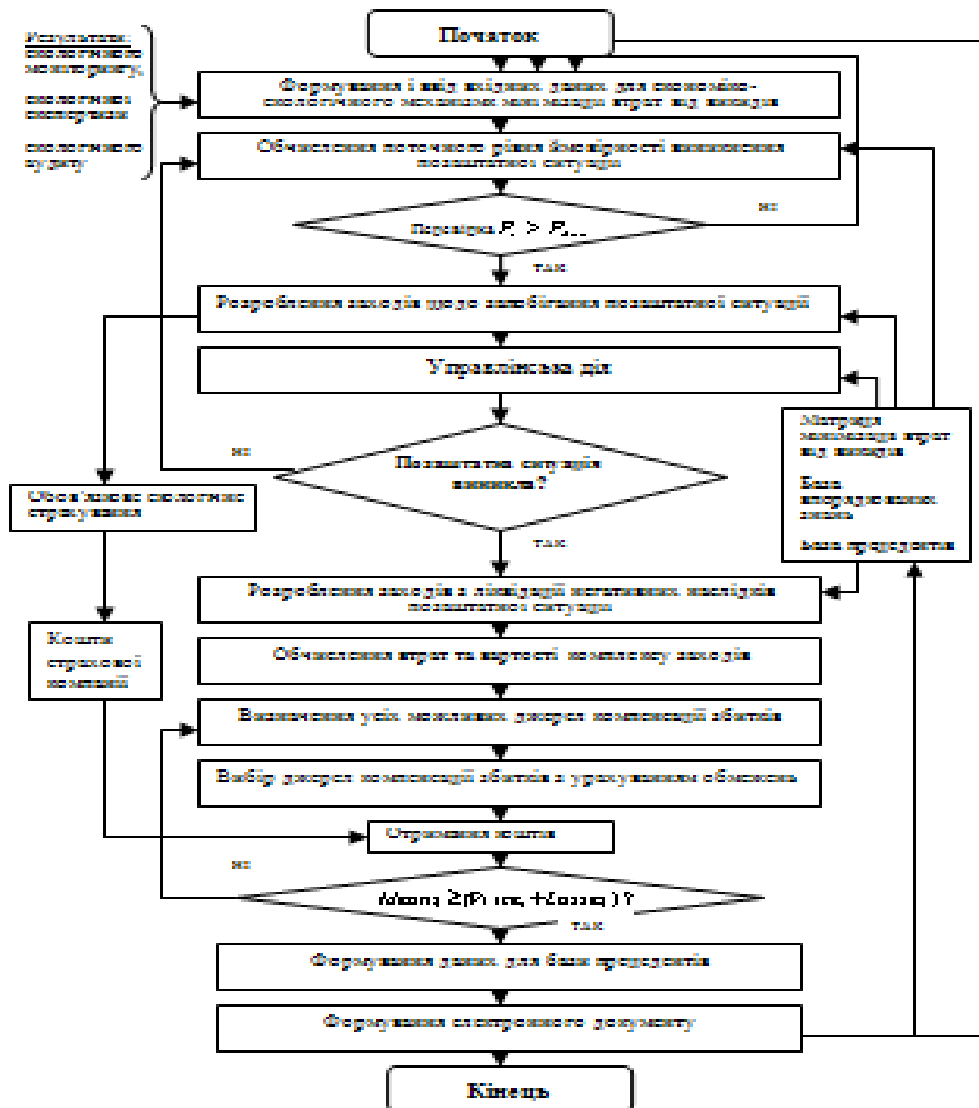


Рис.3. Інтегрований алгоритм функціонування економіко-екологічного механізму мінімізації втрат від викидів  
Джерело: авторська розробка

На цьому етапі роботи економіко-екологічного механізму мінімізації втрат від викидів НГВП проводиться опис вжитих заходів з кількісними показниками

$$\langle tm_{quot1}, tm_{quot2}, \dots, tm_{quotl}, \rangle \rightarrow TMsit, \quad (15)$$

$$TypeSite, type\ site_i$$

де  $tm_{quot1}$  - кількість однотипних заходів,

$$sit = type\ sit_1 \cup type\ sit_2 \cup \dots \cup type\ sit_a$$

$a$  – кількість ситуацій.

Ці заходи доповнюють існуючу базу прецедентів.

На останньому етапі роботи економічного механізму мінімізації втрат від викидів НГВП формується кортеж  $\langle TypeSite, type\ site_i, TM, price(tm_i), losses(tm_i), Means_j \rangle$ , що містить у собі вже адаптовані заходи, витрати на ліквідацію негативних наслідків викидів і втрати, а також інформацію про суму використаних коштів і джерела фінансування.

Отже, розроблений алгоритм дає змогу визначити усі можливі джерела фінансування робіт з ліквідації негативних наслідків викидів, а також визначити суми коштів, що залучаються для компенсації втрат НГВП. Запропонований алгоритм сприяє ефективному управлінню фінансуванням заходів з ліквідації

негативних наслідків викидів. Він також дає змогу визначитися з вибором інформаційної бази, а також вхідних даних для аналізу та розробки методики інтелектуальної підтримки процесів прийняття управлінських рішень щодо вибору оптимальних запобіжних заходів для мінімізації втрат від негативних наслідків викидів забруднюючих речовин.

### ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У результаті проведеного дослідження розроблено формальну модель економіко-екологічного механізму мінімізації втрат НГВП від викидів вуглеводнів з метою формування і реалізації управлінських рішень щодо запобігання аварійних ситуацій та ліквідації їх негативних наслідків з урахуванням обмежень у часі. В основу цієї моделі покладено матрицю мінімізації втрат від викидів, базу прецедентів, базу впорядкованих знань, які у реальних умовах неповноти, неточності і суперечливості вхідної інформації забезпечують високий рівень аналізу невизначеностей і доцільностей у процесі формування найкращого управлінського рішення. Розроблено інтегрований алгоритм роботи економіко-екологічного механізму мінімізації втрат від викидів вуглеводнів НГВП, що базується на методиці вибору оптимальних управлінських рішень на основі матриці мінімізації втрат, бази прецедентів, бази упорядкованих знань. Алгоритм дозволяє обрати оптимальні джерела компенсації збитків і втрат від викидів з урахуванням обмежень, а також визначити суми необхідних коштів. Запропонований алгоритм є інструментом, що дає змогу більш ефективно управляти процесом реалізації рішень щодо запобігання аварійних ситуацій та ліквідації їх негативних наслідків, а також процесом залучення коштів для компенсації екологічних збитків, враховуючи особливості підприємства, характер викиду вуглеводнів і особливості розвитку фінансових ризиків.

#### Література

1. Про оцінку впливу на довкілля [Електронний ресурс]: Закон України: [прийнято ВР України 23.05.2017р. №2059-VIII.] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
2. Цілі Кліматичної політики України до 2030 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-cili-klimatichnoyi-politiki-ukrayini-do-2030-roku>
3. Про охорону атмосферного повітря [Електронний ресурс]: Закон України: [прийнято ВР України від 09.07.2022р. №2393-IX. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>
4. Про основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. Електронний ресурс]: Постанова Верховної Ради України від 05.06.1997р. № 20/97-ВР. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/320/97-%D0%92%D0%A0#Text>
5. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України.[веб-сайт]. - Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/>
6. Качала Т.Б. Моніторинг ґрунтового покриття на території родовищ /Т.Б.Качала, С.В.Качала// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2019. -№2(10). - С.76-83.
7. Екологічна безпека в умовах глобалізації світової економіки: монографія. /[за ред. акад. НАН України М.А.Хвасика]. – Київ: ДУ «Інститут природокористування та сталого розвитку НАН України». – 2018. – 617с.
8. Чоруца Б. Від екологічної інформатики до сталого розвитку: за межами визначення і концептуальних обмежень/ Б.Чоруца, М.Коман// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. - 2019. - №1(9). - С.7-18
9. Вишневська О.М. Глобальні екологічні пріоритети розвитку суспільства/ О.М. Вишневська. - Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління у нафтовій і газовій промисловості. – 2019. - №1(19). – С.75-83
10. Впровадження оцінки впливу на довкілля в Україні: аналіз ризиків і перспектив (громадське бачення) /В.В.Шаравара, О.О. Бондаренко, О.Г. Тарасова, Р.Б. Гаврилюк, Д.В. Гулевець, С.А. Савченко// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. -2018. - №2. – С.93-105
11. Кривенко Г.М. Аналіз викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами / Г.М.Кривенко, Л.В. Возняк, В.О. Зарін// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. -2019. - №1(9). –С.85-93
12. Богуславець М.М. Забруднення довкілля: чинники і показники екологічної безпеки нафтопереробного об'єкта. / М.М.Богуславець, Л.І. Челядин, Д.Р. Крика// Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2019. - №2(10). – С.43-49
13. Кривенко Г.М. Аналіз викидів парникових газів в атмосферне повітря об'єктами нафтогазового комплексу / Г.М. Кривенко. - Екологічна безпека та збалансованість ресурсокористування. - 2020. - №2(22). –С.48-58

14. Правила розробки нафтових і газових родовищ.[Електронний ресурс]: Київ: НАК «Нафтогаз України». - 2017. – 118с. із змінами 2022року. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1385-22#Text>
15. Витвицька У.Я. Визначення ставок дисконту при оцінці ефективності інвестиційних проєктів у нафтогазовидобуванні / У.Я. Витвицька. - Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління у нафтовій і газовій промисловості. -2021. - №2(24). – С.37-47

### References

1. Pro otsinku vplyvu na dovkillia [Elektronnyi resurs]: Zakon Ukrainy: [pryiniato VR Ukrainy 23.05.2017r. №2059-VIII.] – Rezhym dostupu:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
2. Tsili Klimatichnoi polityky Ukrainy do 2030 roku [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-cili-klimatichnoyi-politiki-ukrayini-do-2030-roku>
3. Pro okhoronu atmosferного povitria [Elektronnyi resurs]: Zakon Ukrainy: [pryiniato VR Ukrainy id 09.07.2022r. №2393-IKh. - Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>
4. Pro osnovni napriamy derzhavnoi polityky Ukrainy u haluzi okhorony dovkillia, vykorystannia pryrodnykh resursiv ta zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky. Elektronnyi resurs]: Postanova Verkhovnoi Rady Ukrainy vid 05.06.1997r. № 20/97-VR. Rezhym dostupu:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/320/97-%D0%92%D0%A0#Text>
5. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy.[veb-sait]. - Rezhym dostupu: <https://mepr.gov.ua/>
6. Kachala T.B. Monitoryng gruntovoho pokryvu na terytorii rodovysch /T.B.Kachala, S.V.Kachala// Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. - 2019. -№2(10). - C.76-83.
7. Ekolohichna bezpeka v umovakh hlobalizatsii svitovoi ekonomiky: monohrafiia. /[za red. akad. NAN Ukrainy M.A.Khvasyuka]. – Kyiv: DU «Instytut pryrodokorystuvannia ta staloho rozvytku NAN Ukrainy». – 2018. – 617с.
8. Chorutsa B. Vid ekolohichnoi informatyky do staloho rozvytku: za mezhamy vyznachennia i kontseptualnykh obmezhen/ B.Chorutsa, M.Koman// Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. - 2019. - №1(9). -C.7-18
9. Vyshnevskia O.M. Hlobalni ekolohichni priorytety rozvytku suspilstva/ O.M. Vyshnevskia. - Naukovyi visnyk IFNTUNH. Serii: Ekonomika ta upravlinnia u naftovii i hazovii promyslovosti. – 2019. - №1(19). –C.75-83
10. Vprovadzhennia otsinky vplyvu na dovkillia v Ukraini: analiz ryzykiv i perspektyv (hromadske bachennia)/ V.V.Sharavara, O.O. Bondarenko, O.H. Tarasova, R.B. Havryliuk, D.V. Hulevets, S.A. Savchenko// Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. -2018. - №2. – C.93-105
11. Kryvenko H.M. Analiz vykydiv zabrudniuuchykh rehovyn v atmosferne povitria statsionarnymy dzherelamy / H.M.Kryvenko, L.V. Vozniak, V.O. Zarin// Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. -2019. - №1(9). –C.85-93
12. Bohuslavets M.M. Zabrudnennia dovkillia: chynnyky i pokaznyky ekolohichnoi bezpeky naftopererobnogo obiekta. / M.M.Bohuslavets, L.I. Cheliadyn, D.R. Kryka// Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. – 2019. - №2(10). – C.43-49
13. Kryvenko H.M. Analiz vykydiv parnykovykh haziv v atmosferne povitria ob'ektamy naftohazovoho kompleksu / H.M. Kryvenko. - Ekolohichna bezpeka ta zbalansovanist resursokorystuvannia. -2020. - №2(22). – C.48-58
14. Pravyla rozrobky naftovykh i hazovykh rodovysch.[Elektronnyi resurs]: Kyiv: NAK «Naftohaz Ukrainy», 2017. – 118s. iz zminamy 2022roku. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1385-22#Text>
15. Vytvytska U.Ia. Vyznachennia stavok dyskontu pry otsintsi efektyvnosti investytsiinykh proektiv u naftohazovydobuvanni / U.Ia. Vytvytska. - Naukovyi visnyk IFNTUNH. Serii: Ekonomika ta upravlinnia u naftovii i hazovii promyslovosti. -2021. - №2(24). – C.37-47