

ВОВК ЮЛІЯ

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0000-0002-1337-3485>yuliiavovk@gmail.com**МАТВЄЄВА ОЛЕНА**

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

<https://orcid.org/0000-0001-7450-0479>mollivovna12@gmail.com

ПІДТРИМАННЯ ЯКОСТІ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

Робота присвячена висвітленню актуальності комплексного підходу до контролю якості палива та удосконалення технологій його зберігання. Це є ключовим чинником збереження як експлуатаційних характеристик світлих нафтопродуктів, так і зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище, забезпечення раціонального використання енергоресурсів. В роботі на підставі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено рекомендації щодо технології тривалого зберігання світлих нафтопродуктів, обґрунтовано необхідність їх впровадження відповідно до сучасних вимог. Авторами запропоновано алгоритм дій у разі виявлення мікробіологічного ураження світлих нафтопродуктів і технологічного обладнання, а також систему заходів із видалення підтоварної води з резервуару зберігання палив. Визначено політику підприємства у сфері зберігання нафтопродуктів, пов'язану з впровадженням комплексу організаційних та технологічних заходів.

Особливо підкреслено важливість щоквартальних тест-аналізів для своєчасного виявлення проблем мікробіологічного ураження палива і запобігання їхньому розвитку. Результати дослідження можуть бути використані для оновлення галузевих нормативних документів щодо зберігання нафтопродуктів, що сприятиме підвищенню рівня екологічності, енергоощадності, експлуатаційної надійності та безпеки паливозабезпечення на підприємствах.

Ключові слова: раціональне використання, екологічність, палива, втрати, випаровування, мікробіологічне забруднення, корозія.

VOVK YULIA**MATVYEVYeva OLENA**

State University "Kyiv Aviation Institute"

MAINTAINING THE QUALITY OF LIGHT PETROLEUM PRODUCTS IN LONG-TERM STORAGE CONDITIONS

The paper is devoted to highlighting the relevance and necessity of a comprehensive and systematic approach to fuel quality control and the improvement of modern technologies for its storage. This is a key factor not only in maintaining the operational characteristics of light petroleum products but also in reducing their negative impact on the natural environment and ensuring the effective, rational, and safe use of existing energy resources.

Based on theoretical generalizations and the results of experimental research, the paper develops practical recommendations for the long-term storage of light petroleum products. The need for implementing these recommendations in accordance with current regulatory and technical requirements, environmental standards, and production needs is substantiated. The proposed solutions aim to improve the reliability of fuel systems and reduce the risk of product quality deterioration during storage.

The authors present a clear algorithm of actions to be taken in case of microbiological contamination of light petroleum products or the technological equipment used in their storage. A system of timely and effective measures for the removal of bottom water from fuel storage tanks is also proposed, which helps prevent undesirable physical and chemical changes in the product.

Special attention is paid to the formulation of enterprise policy in the field of petroleum product storage, which includes the introduction of a set of organizational and technological measures. The importance of regular quarterly fuel test analyses is particularly emphasized, as they allow timely detection of microbiological contamination and help prevent its further development. The results obtained from this research can be used to update existing industry regulatory documents on petroleum product storage. In turn, this will contribute to improving environmental sustainability, energy efficiency, operational reliability, and the safety of fuel supply systems at industrial facilities.

Keywords: rational use, environmental friendliness, fuels, losses, evaporation, microbiological contamination, corrosion.

Стаття надійшла до редакції / Received 29.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 16.06.2025

Постановка проблеми

Тривале зберігання вуглеводневих палив, таких як бензин, дизельне паливо та авіаційні палива, є важливим етапом для забезпечення безперервності постачання енергетичних ресурсів у різних галузях. Однак цей процес супроводжується певними ризиками деградації якості палива, які можуть негативно вплинути на ефективність його використання та на технічний стан обладнання, що працює на цих паливних матеріалах. Тому важливо дотримуватися спеціальних технологічних заходів для збереження стабільності властивостей палива під час його зберігання.

Аналіз останніх джерел

Зміни якості палива під час зберігання зумовлені фізико-хімічними та біологічними процесами, такими як випаровування, забруднення механічними домішками, обводнення, біодеградація вуглеводнів, корозія з утворенням нерозчинних продуктів, а також окиснення, що призводить до утворення смол та осадів.

Ці процеси відбуваються з різною швидкістю і залежать від вуглеводневого складу палива, рівня заповнення резервуарів, запиленості та вологості повітря, наявності присадок, а також від технології зберігання.

Варто зауважити, що найбільша частка втрат палив під час їх транспортування, зберігання та заправлення пов'язана з випаровуванням. Ці втрати особливо характерні для бензинів, які мають високу випаровуваність, що характеризуються тиском насиченої пари. Світлі нафтопродукти – це легкі фракції, отримані при переробці нафти, зокрема бензин, дизельне паливо, паливо для реактивних двигунів. Саме вони становлять основу паливно-енергетичного комплексу України та багатьох інших країн. Їх широке використання в енергетиці, транспорті та промисловості супроводжується екологічними ризиками та економічними втратами. Розглянемо основні аспекти впливу нафтопродуктів на довкілля.

Атмосферне забруднення. За даними науковців [1], основні викиди при зберіганні бензину (найбільш леткого палива), пов'язані саме з дифузійним випаровуванням через систему вентиляції, що призводить до викиду летких органічних сполук у повітря, які взаємодіють із оксидами азоту під впливом сонячного світла, утворюючи фотохімічний смог. Це явище є шкідливим як для здоров'я людей (особливо вразливі діти та люди похилого віку), так і для рослинності.

Забруднення ґрунтів і вод. У разі аварій чи порушень технологій зберігання нафтопродукти просочуються в ґрунт і підземні води, утворюючи токсичні осередки забруднення. Це призводить до деградації екосистем, загибелі мікроорганізмів, що регулюють родючість ґрунтів, а також унеможливає використання підземних вод для пиття. Наприклад, дослідження [2], проведене в Бородянці Київської області, показало значне розповсюдження нафтопродуктів у зоні аерації ґрунту після аварії.

Енергетичні та економічні втрати. Крім екологічної шкоди, випаровування СНП спричиняє економічні збитки. Наприклад, при зберіганні та перевезенні бензину втрачається від 3 до 7% об'єму внаслідок випаровування [3]. Це також підвищує ризики займання парів у спекотну пору року.

Випаровування світлих нафтопродуктів є серйозною проблемою, що потребує комплексного підходу до моніторингу, технічного переоснащення та підвищення екологічної відповідальності. Використання сучасних технологій дає змогу зменшити втрати до 1% [1]. Особливо важливим є вивчення цього питання в контексті сталого розвитку, охорони здоров'я та безпеки праці.

Під час зберігання пального в резервуарах утворюються осади, що є наслідком безперервних процесів утворення твердої фази. До них належать надходження механічних забруднень з атмосфери через дренажні системи, корозія технологічного обладнання, а також високомолекулярне окиснення вуглеводнів.

Дослідження [4-8] показують, що паливо має гігроскопічні властивості і під час зберігання вбирає вологу з повітря. Швидкість розчинення води залежить від температури та площі контакту палива з атмосферою. З часом паливо досягає межі насичення, після чого вільна вода опускається на дно резервуара, утворюючи осади. Ця відстійна вода сприяє активному розвитку корозії та смолоутворенню. Її наявність пришвидшує утворення смол через адсорбцію інгібіторів на межі «вода–паливо», що робить паливо більш схильним до окиснення.

Надійність зберігання палива залежить від його стійкості до окиснення та смолоутворення. Окиснення спричинене взаємодією розчиненого кисню з нестабільними вуглеводнями та гетеросполуками. На інтенсивність смолоутворення впливають контакт палива з металом, співвідношення палива й повітря, температура та наявність емульгованої води.

Слід зазначити також, те що в умовах тривалого зберігання палив, особливо в резервуарах та паливопроводах, присутнє мікробіологічне ураження, що є не лише фактором зниження якості палива, але й причиною витоків через мікробіоіндуковану корозію (MIC — Microbiologically Influenced Corrosion) [4-9].

Розвиток та розмноження мікробів відбувається, коли паливо піддається впливу вологи, створюючи середовище для розмноження мікроорганізмів, таких як бактерії та грибки. Ці мікроорганізми призводять до утворення слизу та осаду. А продукти їх життєдіяльності можуть утворювати органічні кислоти, що сприяють корозії конструкційних матеріалів та погіршення якості палива.

Мікроорганізми, які виживають у паливних середовищах, зазвичай формують **біоплівки** на внутрішніх стінках резервуарів та трубопроводів. Ці мікроорганізми сприяють утворенню мікропошкоджень на металічній поверхні, які з часом переростають у наскрізні отвори та тріщини — основну причину витоків палива [4]. Основні представники:

- **Сульфатредукуючі бактерії (SRB):** утворюють сірководень, що сильно кородує метали.
- **Ацидофільні бактерії:** виділяють органічні кислоти, що знижують pH середовища.
- **Гриби** (наприклад *Hormoconis resinae*): поглинають вуглеводні й утворюють щільний шар слизу, що прискорює локальну корозію.

Основні прояви мікробіологічного ураження при тривалому зберіганні наведені у роботах [5-9].:

Зміна фізико-хімічних властивостей палива. Наявність мікроорганізмів негативно впливає на експлуатаційні характеристики палива. Забруднене паливо втрачає свої властивості та може завдати шкоди паливній системі. Через активність мікробів змінюються фізико-хімічні показники палива — зростає кислотність, змінюються запах і колір. Крім того, пошкодження герметика паливного бака спричиняє корозію конструктивних елементів. Мікроорганізми можуть спричинити утворення осаду, слизу та емульсій, що погіршує якість палива та може призвести до засмічення паливних фільтрів.

Мікробіологічна корозія обладнання. Продукти життєдіяльності мікроорганізмів, зокрема органічні кислоти, сприяють корозії металевих елементів паливних систем, що знижує їхню надійність та довговічність та може бути причиною витоків палив.

Підвищення кислотності палива. Активність мікроорганізмів може призводити до збільшення кислотного числа палива, що негативно впливає на його стабільність та експлуатаційні характеристики.

Мікробіологічне ураження палив є серйозною проблемою, що впливає на якість палива та надійність обладнання та екологічну безпеку. Застосування комплексного підходу до профілактики та контролю цього явища є ключовим для забезпечення безперебійної та ефективної роботи паливних систем [6-10].

Підсумовуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що основними чинниками, які впливають на експлуатаційну зміну якості вуглеводневих палив, є процеси випаровування, окиснення, обводнення, забруднення ТДФ та мікробіологічне ураження. Відповідно якість палив протягом всього періоду життєвого циклу поступово погіршується. Таким чином, питання довготривалого зберігання палив є актуальним і потребує ґрунтовних наукових досліджень та вирішень з подальшим впровадженням у існуючі технології зберігання певних заходів. Удосконалення технології зберігання світлич нафтопродуктів має не лише економічне, а й стратегічне значення — для безпеки об'єктів критичної інфраструктури, охорони довкілля та дотримання міжнародних екологічних стандартів. Інтеграція технічних, екологічних та цифрових рішень відкриває шлях до більш стійких систем зберігання.

Метою роботи є аналіз основних проблем, пов'язаних зі зберіганням світлич нафтопродуктів, та обґрунтування напрямів їх удосконалення з урахуванням технічних, екологічних та економічних чинників. Особлива увага приділяється впровадженню інноваційних технологій зберігання, засобів зменшення втрат від випаровування, методів захисту від мікробіологічного ураження та корозії, а також підвищенню безпеки експлуатації технологічного обладнання.

Виклад основного матеріалу

Процес зберігання палив протягом тривалого часу має враховувати, що зниження їх якості є неминучим та незворотним, зумовленим впливом навколишнього середовища. Згідно з результатами досліджень, при зберіганні вуглеводневих палив відбувається їх поступова деградація, а також руйнування конструкційних матеріалів, що використовуються на підприємствах нафтопродуктозабезпечення та в паливних системах транспортних засобів. Це обумовлено впливом тепла, світла, кисню, вологи та мікробної активності, що призводить до змін хімічного складу палива, а отже — до погіршення його фізико-хімічних властивостей, продуктивності та придатності до використання.

На швидкість та інтенсивність процесу деградації впливають такі чинники, як тип палива, умови його зберігання, а також наявність домішок та забруднень. Найпоширенішими причинами втрати якості є випаровування, окиснення, смолоутворення, гігроскопічність та мікробіологічне ураження. Ці процеси є типовими для зберігання палива в умовах промислових підприємств.

З метою мінімізації втрат та збереження якості паливної продукції рекомендується дотримуватись наступних заходів:

1. **Зменшення втрат через випаровування.** Для уникнення деградації палива внаслідок вентиляції парового простору рекомендується застосовувати системи рекуперації парів або резервуари, обладнані понтонами.

2. **Регулярний контроль якості.** Необхідно систематично проводити аналіз стану палива, зокрема шляхом відбору донних проб для виявлення присутності води та мікробного забруднення.

3. **Візуальна оцінка стану палива.** Під час кожного контролю слід перевіряти наявність змін кольору, наявність підтоварної води та сторонніх включень. Слід враховувати, що мікроорганізми активно розвиваються за температур від +25 °C до +60 °C, а окремі види здатні виживати навіть за температур до -40 °C.

4. **Виявлення мікробіологічного забруднення.** Для діагностики забруднення кожні три місяці доцільно використовувати спеціалізовані методики та засоби, зокрема MicrobMonitor 2, Bug Check, Hum Bug Detector, Bug Alert та інші запатентовані системи.

У випадку виявлення мікроорганізмів під час зберігання палива необхідно оперативно вжити заходів для недопущення подальшого поширення забруднення та збереження якісних характеристик продукту. Чітке дотримання послідовності дій дозволяє ефективно локалізувати проблему та мінімізувати ризики.

Алгоритм дій у разі виявлення мікробіологічного ураження світлич нафтопродуктів і технологічного обладнання наведено на схемі контролю мікробного забруднення (рис.1).

У разі виявлення ознак мікробного ураження у відібраній пробі палива необхідно здійснити повторний відбір та аналіз для підтвердження або спростування наявності мікроорганізмів. За умови підтвердження забруднення слід оцінити його масштаб — чи охоплює мікробна активність всю технологічну систему, чи обмежується окремими ділянками, наприклад, дном резервуара. Це дозволить визначити оптимальну стратегію подальших дій.

Крім того, необхідно повторно перевірити додаткові характеристики палива, зокрема каламутність, вологість, рівень рН та наявність стороннього запаху. Ці показники можуть свідчити про ступінь розвитку мікроорганізмів.

У разі значного мікробіологічного забруднення слід здійснити перекачування палива через фільтр тонкого очищення з розміром пор 1 мкм до чистого резервуара. Оскільки вода є основним середовищем для розвитку мікроорганізмів, необхідно повністю видалити підтоварну воду з резервуара.



Рис. 1. Схема заходів контролю мікробіологічного ураження світлич нафтопродуктів та технологічного обладнання

При наявності біоплівки, осадів або мулу резервуари та технологічне обладнання мають бути ретельно очищені, оскільки ці утворення сприяють утриманню мікроорганізмів та підвищують ризик повторного зараження палива. Для ефективного знезараження слід застосовувати спеціалізовані дезінфікуючі засоби, дозволені для використання у паливно-технологічному обладнанні.

Для уникнення повторного ураження палива мікроорганізмами, необхідно проводити постійний моніторинг якості палива, включаючи мікробне тестування щоб виявити будь-яке повторне забруднення.

Технологічне обладнання підприємств нафтопродуктозабезпечення, що спеціалізуються на тривалому зберіганні вуглеводневих палив, повинно відповідати вимогам збереження якості продукції, забезпечення безпеки, економічної ефективності та екологічності виробничих процесів. Для досягнення цих цілей рекомендується впровадження таких заходів:

1. **Захист внутрішніх поверхонь резервуарів.** Резервуари для зберігання вуглеводневих палив повинні бути обладнані внутрішнім антикорозійним покриттям, що мінімізує ризик хімічного руйнування та подовжує термін їх експлуатації.

2. **Застосування інгібіторів корозії.** Для додаткового захисту внутрішніх поверхонь резервуарів, особливо в зонах з підвищеною вірогідністю утворення конденсату (днище, перший пояс, покрівля), слід використовувати спеціалізовані інгібітори корозії.

3. **Управління підтоварною водою.** Для забезпечення своєчасного виявлення та зливу підтоварної води з резервуарів необхідно впроваджувати відповідні технологічні рішення, приклади яких наведено на рис. 1.

4. **Очищення та технічне обслуговування обладнання.** Необхідно регулярно проводити очищення резервуарів і технологічного обладнання, а також здійснювати їх планове технічне обслуговування з метою видалення залишків води, осаду та інших відкладень. Це дозволяє запобігти розвитку мікробіологічного забруднення палива і виникненню мікробіологічної корозії елементів конструкції.

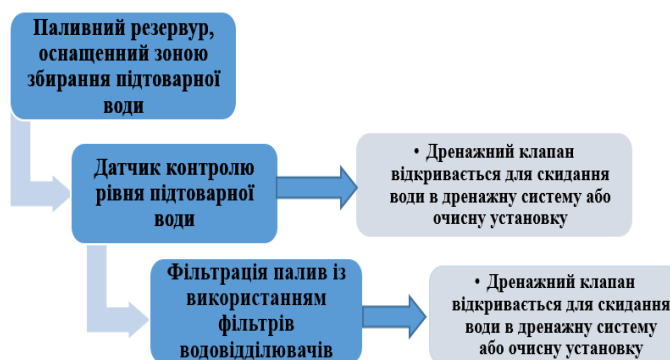


Рис. 2 Система заходів із видалення підтоварної води з резервуару зберігання палив

Представлена система на рис. 2 допоможе запобігти розвитку мікробів і забрудненню палива; підвищить ефективність зберігання палива за рахунок збереження його якості; зведе до мінімуму корозію

технологічного обладнання.

Політика підприємства у сфері зберігання нафтопродуктів повинна бути орієнтована на запобігання втратам якості палив, зокрема їх мікробіологічному ураженню. Це є ключовим фактором для забезпечення стабільності, надійності постачання та збереження експлуатаційних властивостей палив у процесі їх використання.

У рамках реалізації цієї політики рекомендується впровадження наступних організаційних та технологічних заходів (рис. 4-5):

- **Забезпечення своєчасного контролю якості** нафтопродуктів, а за необхідності — проведення посиленого моніторингу.
- **Уникнення обводнення палив**, а в разі його виникнення — оперативне усунення вільної води з резервуарів та технологічної системи.
- **Підвищення кваліфікації персоналу** шляхом організації навчання з питань правильного зберігання світлих нафтопродуктів, дотримання вимог безпеки та стандартів якості.

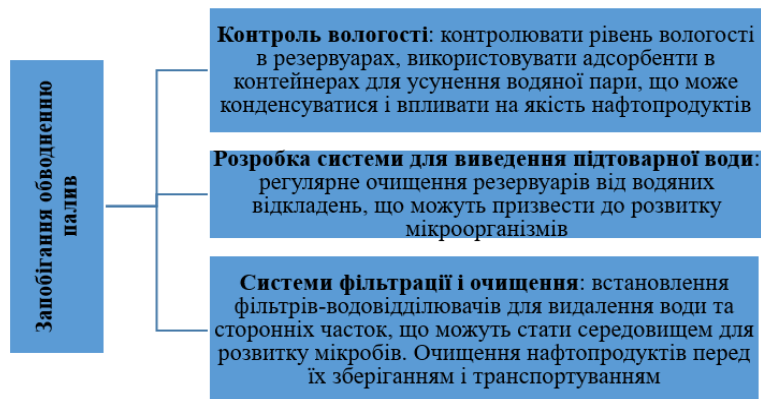


Рис. 4. Захист від обводнення нафтопродуктів для ефективного зберігання світлих нафтопродуктів

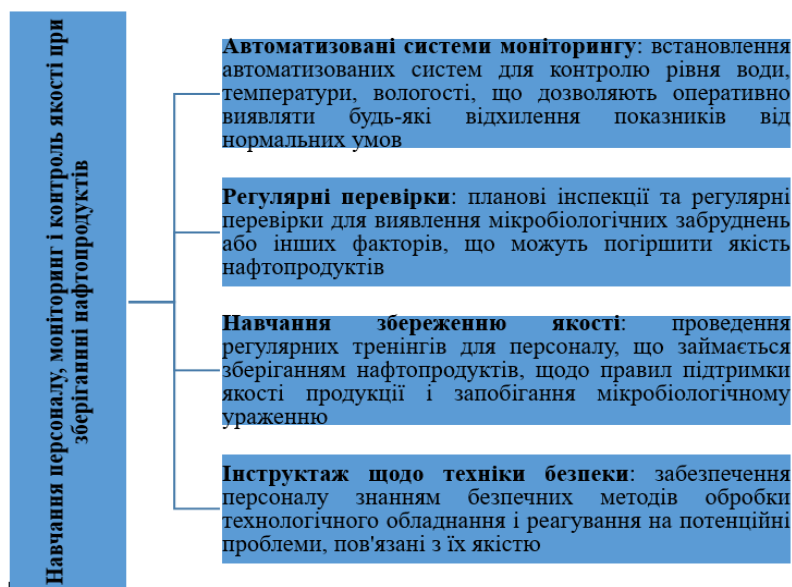


Рис. 5. Навчання персоналу, моніторинг і контроль якості при зберіганні нафтопродуктів для ефективного їх зберігання

Отже, для забезпечення ефективного зберігання нафтопродуктів і мінімізації ризику їх мікробіологічного ураження необхідно дотримуватись комплексного підходу. Це включає суворий контроль умов зберігання, впровадження сучасних технологічних рішень, а також регулярне навчання персоналу для оперативного виявлення та усунення потенційних загроз. Такий підхід сприяє збереженню якості палив, підвищує надійність постачання та забезпечує стабільність експлуатаційних властивостей продукції.

Висновки

Тривале зберігання світлих нафтопродуктів є важливим етапом у технологічному циклі, що вимагає особливої уваги до умов зберігання і контролю якості палива. Зберігання нафтопродуктів на підприємствах нафтопродуктозабезпечення супроводжується численними ризиками, зокрема, зниженням якості палива, мікробіологічним ураженням та забрудненням довкілля. Проте, завдяки впровадженню комплексних заходів, можна значно зменшити ці ризики, забезпечити стабільність нафтопродуктів і зберегти їх ефективність у процесах використання.

Показано, що для ефективного зберігання вуглеводневих палив необхідно забезпечити суворий контроль за умовами зберігання палив, використовувати відповідні технології, проводити щоквартально тест-аналіз на мікробіологічне забруднення палив та технологічного обладнання. Внесення даних результатів роботи до нормативних галузевих документів сприятиме підтриманню якості світлих нафтопродуктів в умовах довготривалого зберігання на підприємствах нафтопродуктозабезпечення.

Дотримання рекомендацій щодо організації процесів зберігання, зокрема, впровадження ефективного контролю за умовами зберігання, застосування сучасних технологічних рішень для очищення, дезінфекції та моніторингу, а також регулярне навчання персоналу — це основні елементи стратегії, що дозволяють забезпечити безпечне, економічне та екологічно відповідальне зберігання палива.

Комплексне використання цих заходів дозволяє значно знизити економічні втрати, зберегти високу якість нафтопродуктів і забезпечити їхню стабільність протягом усього терміну зберігання. Важливим аспектом є також збереження екологічної безпеки, оскільки запобігання мікробіологічному ураженню не лише зменшує ризик забруднення навколишнього середовища, але й дозволяє дотримуватись екологічних норм і стандартів.

Таким чином, ефективне зберігання нафтопродуктів є не лише технологічним, але й економічним та екологічним завданням, вирішення якого потребує комплексного підходу, що включає як технічні інновації, так і постійне навчання та вдосконалення персоналу.

Література

1. Бойченко С. В. Взаємозв'язок втрат від випаровування та кондиційності бензину / С. В. Бойченко, С. В. Іванов, Л. А. Федорович, Л. М. Черняк // *Вісник НАУ*. – 2004– №4. – С. 151–154.
2. Улицький О. Дослідження забруднення нафтопродуктами зони аерації за допомогою математичного моделювання / Олег Улицький, Наталя Д'яченко, Армен Соколов, Ольга Сердюкова // *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. – 2023. – Вип. 59. – С. 44–54. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-04>
3. Boichenko, S. V. Оцінка екологічного впливу нафтопереробного підприємства на навколишнє середовище / S. V. Boichenko, O. H. Puzik, L. M. Cherniak, O. O. Babatunde, V. V. Romanchuk, P. I. Topilnytskyi, K. Leyda // *Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія»*. – 2016 – №4. – С.109-122.
4. Козловська Т. Ф., Сиволожська В. М., Давітая О. В. Біологічна корозія як чинник формування ризику небезпеки зберігання пально-мастильних матеріалів. *Наука, техніка і технології: глобальні та сучасні тенденції* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції, 27–28 грудня 2019 р. Прага, Чеська Республіка, 2019. С. 121–126.
5. Vovk Y. Microbiological contamination of motor fuels: analysis and identification in fuelling companies / Y. Vovk, O. Matvyeyeva, O. Nilow // *Proceedings of the National Aviation University*. – 2021. – №86(1). –С. 49-56. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.86.15444>
6. Полутренко М. С. Мікробіологічна корозія підземних металокопункцій та способи їх захисту/ М. С. Полутренко // *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*. – 2012. – 4 (45). – С.184–188.
7. Макаренко В. Дослідження впливу біологічної корозії на міцність сталевих копункцій гідротехнічних споруд тривалої експлуатації в агресивних середовищах / В. Макаренко, В. Хоружий, В. Любенко, С. Максимов, В. Осадчий, І. Недашковський // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки*. – 2021. – №36. – С.27–38. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.36.27-38>.
8. Вовк Ю. Біоушкодження палив та об'єктів підприємств паливозабезпечення / Ю. Вовк, О. Матвєєва // *Science-based technologies*. – 2023. – 57(1). – С.86-92. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.57.17448>.
9. Вовк Ю.О. Зміна якості дизельного палива в умовах довготривалого зберігання / Ю.О Вовк, О.Л. Матвєєва // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. – 2024 –№337 – №3(2). –С. 40-45. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-5>.
10. Cherniak L. The effect of petroleum products pollution on environmental soil condition at airport adjacent territory. / L. Cherniak, O. Shevchenko, T. Maniecki, O. Mikhyeyev, O. Shtyka, R Ciesielski // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. –2024. –№4. –P. 92-98. DOI: 10.33271/nvngu/2024-4/092

References

1. Boychenko S. V. Vzayemozvyazok vtrat vid vyparovuvannya ta kondytsiynosti benzynu / S. V. Boychenko, S. V. Ivanov, L. A. Fedorovich, L. M. Chernyak // *Visnyk NAU*. – 2004– №4. – S. 151–154.
2. Ulyts'kyi O. Doslidzhennya zabrudnennya zony aeratsiyi naftoproduktamy za dopomohoyu matematychnoho modelyuvannya / Oleh Ulyts'kyi, Nataliya D'yachenko, Armen Sokolov, Ol'ha Serdyukova // *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina, seriya «Eholohiya. Neohrafiya. Ekolohiya»*. – 2023. – Vypusk 59. – S. 44-54. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-04>
3. Boychenko, S. V. Otsinka vplyvu naftopererobnoho zavodu na navkolyshnye seredovyshe / S. V. Boychenko, O. H. Puzik, L. M. Chernyak, O. O. Babatunde, V. V. Romanchuk, P. I. Topil'nyts'kyi, K. Leyda // *Naukovyy zhurnal «Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya»*. – 2016 – № 4. – S. 109-122.
4. Kozlov'ska T. F., Syvolozh'ska V. M., Davitaya O. V. Biolohichna koroziya yak chynnyk formuvannya ryzyku

nebezpeky zberihannya pal'no-mastylnykh materialiv. Nauka, tekhnika i tekhnolohiyi: hlobal'ni ta suchasni tendentsiyi : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konferentsiyi, 27–28 hrudnya 2019 r. Praha, Ches'ska Respublika, 2019. S. 121–126.

5.Vovk Y. Microbiological contamination of motor fuels: analysis and identification in fuelling companies / Y. Vovk, O. Matvyeyeva, O. Nilow // *Proceedings of the National Aviation University*. – 2021. – №86(1). –S. 49-56. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.86.15444>

6.Polutrenko M. S. Mikrobiolohichna koroziya pidzemnykh metalokonstruktsey ta sposoby yikh zakhystu/ M. S. Polutrenko // *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*. – 2012. – 4 (45). – S.184–188.

7.Makarenko V. Doslidzhennya vplyvu biolohichnoï korozii na mitsnist' stalevykh konstruktsey hidrotekhnichnykh sporud tryvaloï ekspluatatsii v ahresyvnykh seredovyshchakh / V. Makarenko, V. Khoruzhyy, V. Lyubenko, S. Maksymov, V. Osadchyy, I. Nedashkovs'kyi // *Problemy vodopostachannya, vodovidvedennya ta hidravliky*. – 2021. – №36. – S.27–38. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.36.27-38>

8.Vovk Yu. Bioushkodzhennia palyv ta obektiv pidpriemstv palyvozabezpechennia/ Yu. Vovk, O. Matvyeyeva // *Science-based technologies*. – 2023. – 57(1). – S.86-92. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.57.17448>.

9.Vovk YU.O. Zmina yakosti dyzel'noho palyva v umovakh dovhotryvaloho zberihannya / YU.O Vovk, O.L. Matvyeyeva // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. – 2024 –.№337 – №3(2). –S. 40-45. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-5>

10. Cherniak L. The effect of petroleum products pollution on environmental soil condition at airport adjacent territory. / L. Cherniak, O. Shevchenko, T. Maniecki, O. Mikhyeyev, O. Shtyka, R Ciesielski // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. –2024. –№4. –P. 92-98. DOI: 10.33271/nvngu/2024-4/092