



С. П. Дригулич¹, М. М. Орфанова¹, М. Й. Цайтлер², П. Г. Дригулич³

¹ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

² Комунальне некомерційне підприємство "Центр екології, туризму та сталого розвитку", м. Борислав, Україна

³ ГО "Центр сталого розвитку громад", м. Дрогобич, Україна

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАВЕРШАЛЬНОЇ СТАДІЇ РОЗРОБЛЕННЯ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ

Проведено аналіз причин забруднення навколишнього середовища території Борислава внаслідок видобування вуглеводнів. Досліджено історичні матеріали щодо виникнення проблем загазованості міста. Проаналізовано геологічну та тектонічну будову Бориславського нафтогазоконденсатного родовища і Бориславського родовища озокериту та методи видобування нафти, газу та озокериту. Зроблено висновок про те, що саме специфічність геолого-тектонічних умов регіону призвела до формування відповідної природно-техногенної системи та є головною причиною забруднення компонентів довкілля. З'ясовано, що неконтрольована, хаотична забудова міста, як за часів володіння західних імперій, так і під час радянської доби, призвела до того, що значна кількість житлових, господарських чи адміністративних будівель розташовані безпосередньо на родовищі, на якому протягом тривалого часу були облаштовані гірничі виробітки для видобування озокериту та нафти: шурфи, колодязі, свердловини, шахти. Встановлено, що значний негативний вплив на довкілля чинять закинуті гірничі виробітки з пошуків та видобування озокериту, які свого часу, були не ліквідовані належно і наразі є потенційними джерелами виходів вуглеводнів на денну поверхню. Визначено, що найбільшу небезпеку для довкілля становлять покинуті шахти часів Австро-Угорської імперії. Проведено дослідження стану навколишнього середовища території поряд з покинутою озокеритовою шахтою, де встановлені місця інтенсивного виходу на денну поверхню нафти та газу. На цій ділянці знаходиться житловий будинок, окремі мешканці якого були переселені в інші місця, через прояви газу у його підвалі. Оцінено попередні дослідження загазованості приповерхневих шарів ґрунту та розроблення і реалізацію заходів щодо їх ліквідації. Виявлено додаткові ореоли забруднення ґрунтів та поверхневих вод нафтою та супутньо-пластовими водами внаслідок призупинення експлуатації пошукової спеціальної дегазаційної свердловини № 2000 – Борислав. З'ясовано, що значна кількість ліквідованих свердловин не під'єднана до вакуумної мережі по дегазації територій. Запропоновано нові напрями наукових досліджень та вдосконалення наявних заходів і розроблення більш ефективних методів з дегазації територій та мінімізації забруднення довкілля нафтою.

Ключові слова: озокеритовидобування; нафтогазовидобування; забруднення довкілля; загазованість; вакуумопровід.

Вступ / Introduction

Територія дослідження є унікальним, свого роду, природно-техногенним об'єктом, де особливості геологічної будови та наслідки видобутку вуглеводнів утворили зону техногенної екологічної катастрофи. На завершальній стадії розроблення нафтогазових родовищ, особливо в густонаселених місцях, нафтогазовий комплекс створює цілу низку екологічних проблем та ризиків як для довкілля, так і для населення. Одним із таких характерних прикладів є Бориславське нафтогазо-

конденсатне родовище та родовище озокериту у Бориславі, які належать до найдавніших промислів Галичини. Родовища почали розробляти ще з XVIII ст. спочатку колодязним способом, а потім бурили свердловини. Видобуток відбувався не планомірно, що призвело на той час до утворення значної кількості шахт, шурфів, колодязів та свердловин, а сьогодні їх безліч покинутих. Місця розташування більшості з них не відомі і про них іноді дізнаються випадково, під час проведенні певних геолого-геофізичних досліджень. З іншого боку, проблема полягає у тому, що на той час не було відомо про

Інформація про авторів:

Дригулич Сергій Петрович, магістр, аспірант, кафедри екології. Email: serhiy1999@ukr.net

Орфанова Марія Михайлівна, канд. техн. наук, доцент, кафедра екології.

Email: mariia.orfanova@nung.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-4931-8074>

Цайтлер Мирон Йосифович, канд. біол. наук, доцент, директор. Email: zeitler@ukr.net

Дригулич Петро Григорович, канд. геолог. наук, голова. Email: pzy@ukr.net; <https://orcid.org/0009-0008-6546-8161>

Цитування за ДСТУ: Дригулич С. П., Орфанова М. М., Цайтлер М. Й., Дригулич П. Г. Екологічні проблеми завершальної стадії розроблення нафтогазових родовищ. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 5. С. 41–50.

Citation APA: Dryhulych, S. P., Orfanova, M. M., Tsaitler, M. Yo., & Dryhulych, P. H. (2024). Environmental problems of the final stage of the extraction of oil and gas fields. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), 41–50. <https://doi.org/10.36930/40340506>

необхідність проведення консервації місць видобування вуглеводнів, а сьогодні це прихований чинник забруднення навколишнього середовища. Тому, покинуті шахти часів Австро-Угорської імперії мають певний внесок у збільшенні загазованості у м. Борислав. Дослідженнями загазованості на території Бориславського нафтогазоконденсатного родовища займалися В. В. Карабин, Ю. М. Рак [25], А. В. Пукіш, П. Г. Дригулич [24, 23], М. Й. Цайтлер, О. І. Романюк [27].

Проблема забруднення м. Борислава набула вкрай важливого характеру, оскільки наслідками є збільшення концентрації газу на території міста, який може накопичуватись у підвальних приміщеннях житлових будинків, що є особливо небезпечним для мешканців. Це створює постійну загрозу для здоров'я та життя населення. Тому вкрай важливим є постійний моніторинг за станом атмосферного повітря та пошук напрямків зменшення надходження вуглеводневого газу в атмосферу міста. З іншого боку, щільна сітка тріщин у гірських породах та тектонічні порушення сприяють також і витокам нафти під дією пластового тиску. Це призводить до забруднення ґрунтового покриття. Також, досить часто можна спостерігати в колодязях плівку нафти на водній поверхні. Враховуючи пов'язаність проблеми забруднення довкілля у м. Борислав нафтою та вуглеводневим газом, доцільним вважається пов'язати ці питання між собою і розглядати їх в комплексі причини виникнення, загострення екологічної ситуації та її вирішення.

Об'єкт дослідження – розроблення Бориславського нафтогазоконденсатного родовища.

Предмет дослідження – методи і засоби встановлення причин еманцій вуглеводневих газів та нафти на денну поверхню, загазованість території Борислава, що дасть змогу зменшити природно-техногенний вплив на довкілля.

Мета роботи – дослідити можливість зменшення екологічних наслідків довготривалого видобування нафти і газу на території Борислава, що дасть змогу покращити екологічну ситуацію в місті та запобігти розвитку екологічної катастрофи.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

1. Проаналізувати історію розвитку видобування нафти, газу, озокериту на території Борислава, що дасть змогу визначити місця виходу вуглеводнів на денну поверхню та причини виникнення й погіршення екологічної ситуації.
2. Вивчити сучасний стан техногенно-екологічної безпеки на території Борислава, що дасть змогу оптимізувати розроблення природоохоронних заходів щодо покращення екологічної ситуації;
3. Розробити рекомендації щодо мінімізації негативного впливу на довкілля неконтрольованих еманцій нафти і газу на денну поверхню, що забезпечить зменшення природно-техногенного навантаження на навколишнє середовище та дасть змогу запобігти розвитку катастрофічної ситуації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Специфічною особливістю регіону дослідження є природні геолого-тектонічні умови, характерною особливістю яких є значна кількість тектонічних порушень. Також територія Бориславського нафтогазоконденсатного родовища та родовища озокериту у Бориславі характеризується зоною тріщинуватості гірських порід. Все це

призводить до виходу, насамперед, вуглеводневих газів на денну поверхню, наслідком чого є підвищена їх концентрація у повітрі м. Борислав. Іншою, не менш важливою, проблемою є витоки нафти, які відбуваються під дією плаского тиску і призводять до забруднення ґрунтового покриття.

Проблемою загазованості Борислава багато науковців почали займатися ще з початку 70-х років 20 ст., через трагедію, яка сталася 29 квітня 1972 р, коли в підвалі житлового двоповерхового будинку стався вибух газу, внаслідок чого будівля була зруйнована і близько двох десятків мешканців цього будинку постраждали.

У публікації А. Тарнавського та Ю. Сукача [31] встановлено, що критичні значення концентрацій вуглеводневих газів переважно спостерігаються в підвальних приміщеннях будинків та каналізаційних колекторах, неконтрольовані витоки нафти із свердловин спричиняють забруднення підземних вод і ґрунтів, нафтогазопрояви спостерігаються із шурфів-колодязів, які часто розташовані в безпосередній близькості із житловими та громадськими будівлями.

Науковці [8] у своїй публікації доходять висновку про неналежне облаштування об'єктів Бориславського нафтогазоконденсатного родовища, необхідності тотального оновлення наявного нафтопромислового обладнання та подальшої обов'язкової експлуатації родовища, як основного заходу техногенно-екологічної безпеки мешканців міста. Через виснаженість родовища, значну обводненість продукції, автори пропонують створення та фінансування природоохоронних програм, основою з яких є вжиття заходів щодо мінімізації неконтрольованих виходів пластових флюїдів на денну поверхню.

У роботі [16] вказано, що до 1854 р. на території Польщі, яка в ті часи включала і територію Бориславського родовища, налічувалось 79 природних витоків нафти. Автор пропонує вирішувати питання екологічної безпеки на постіндустріальних територіях відповідно до чинних європейських директив, зокрема директиви 2006 р. про відходи гірничодобувної промисловості. Природні виходи пластових флюїдів є унікальним явищем в Європі та повинні охоронятися.

Автори [12] зазначають, що розроблення Бориславського родовища є неефективним через відсутність буріння нових свердловин на родовищі, забурювання других стовбурів, складних капітальних ремонтів на свердловинах. Вчені звертають увагу на потребу видобування нафти з неглибоких свердловин та шурфів-колодязів.

Цайтлер М. у роботі [38] описав п'ять етапів впливу на довкілля під час розроблення Бориславського нафтового родовища, подано характеристику кожного з етапів. Вчений визначив основні джерела впливу на компоненти навколишнього середовища протягом кожного з періодів розроблення родовища. Автор прогнозує подальший постійний вплив на територію міста внаслідок міграції на денну поверхню пластових флюїдів.

Крачківська Г. В. та Царик Й. В. [14] провели дослідження стосовно поширення ґрунтових мікроорганізмів на території Бориславського озокеритового родовища. За результатами проведених досліджень встановлено помірний кореляційний зв'язок між чисельністю мікроорганізмів та вмістом органічного вуглецю в шахтних субстратах.

У роботі [15] проведено дослідження стосовно можливості використання пластових вод Бориславського нафтового родовища для рентабельного добування йоду. Автори підраховали обсяги можливого видобування йоду, виходячи із концентрацій йоду в пластовій воді та обсягів видобування вод.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження виконували шляхом аналізу наявної ситуації, визначення джерел негативного впливу на довкілля та соціальне середовище, встановлення причинно-наслідкових зв'язків та розроблення заходів щодо мінімізації ризиків.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Специфічна геологічна будова Бориславського нафтогазоконденсатного родовища, з безпосереднім виходом вуглеводнів на денну поверхню, а також початок неконтрольованого розроблення цього родовища з XVIII ст. призвели до того, що на цій території сформувалася відповідна природно-техногенна система, що має негативний вплив на довкілля. Окрім цього, неконтрольована, хаотична забудова міста, призвела до того, що значна кількість житлових, господарських чи адміністративних будівель розташовані безпосередньо на ділянках, на яких в минулому столітті на початку видобутку нафти облаштовувалися шурфи, колодязі, свердловини, інколи навіть шахти, які не ліквідовані належно і наразі є потенційними джерелами виходів вуглеводнів на денну поверхню. Окрім цього, Бориславське родовище озокериту, яке до певної міри є продовженням нафтогазоконденсатного родовища, що виникло внаслідок вивітрювання легких вуглеводнів, через зону інтенсивної тріщинуватості, і приурочене до фронтальної частини лежачої Бориславської складки. Поклади озокериту знаходяться у цілій низці жил, що взаємно перехрещуються. Жильні тіла є скупченням воскоподібного або пастоподібного озокериту з уламками порід. Інший тип озокериту має вигляд глинистої породи, яка просочена озокеритом. Порожнини в породи часто містять рідку нафту, воду разом з газом. Згідно з дослідженнями [16], першим власником гірничого дозволу на видобування гірничого воску (озокериту) у 1810 р. був підприємець Ян Матіс, і з цього часу розпочалася реєстрація підприємств з видобування та перероблення нафти і озокериту. Але більшість розробок велася нелегально селянами та іншими підприємцями і власниками земельних ділянок з неглибоких ям (копанок) примітивним способом. Тому ще одним із формуючих чинників ситуації, що склалася, на наш погляд, є недіюча озокеритова шахта (відсутність вентилування та відкачування води) [20]. Згідно з висновками вчених [3, 18, 21], у другій половині XIX ст., під час так званої "озокеритової лихоманки" в Бориславі та околицях міста діяло від 5 до 6 тисяч копанок з видобування нафти і близько 150 криниць з видобування озокериту. Всього ж у межах промислових розробок першого промислу за період 1853-1890 рр. на площі 125 га було викопано близько 12,5 тис. шахт-колодязів.

Співробітники Комунального некомерційного підприємства "Центр екології, туризму та сталого розвитку" (М. Й. Цайтлер) протягом кількох років проводили унікальні дослідження архівних, історичних, геологічних, інженерних та техногенно-екологічних ма-

теріалів щодо проблем нафтогазопросявів на прибудинковій території вул. Чорновола, 12.

Дослідники встановили, що будинок побудовано на території озокеритових шахт в межах промислових зон Дучки-Волянська, які розробляли у другій половині XIX ст. Є інформація про існування перших шахт-копанок у цьому районі ще у 1859 р. Картографічне джерело 1897 р. вказує, що шахти біля будинку Чорновола, 12 належали фірмі "Вікторія", яка входила до трійки найбільших продуцентів озокериту. Відомо, що тут добували озокерит м'якої консистенції світлого кольору. У 1890-х рр. підприємство експлуатувало сім продуктивних шахт. У 1890 р. на одній з шахт глибиною 130 м було встановлено нове обладнання, на думку фахівців комунального підприємства, саме ця шахта була виявлена під час викопування котловану у 1963 р. для будівництва житлового будинку по вул. Громова, 8 (тепер Чорновола, 12), і сьогодні є одним з джерел нафтопросявів, так званий шурф (далі також – Ш-55). У 1901 р. з огляду на адміністративні заходи тодішньої влади часів Австро-Угорщини весь озокеритовий промисел було сконцентровано у промислових зонах "Новий Світ" та "Потік". Це спричинило зупинку багатьох озокеритових шахт у Бориславі та Волянці. Надалі впродовж першої половини XX ст. території колишньої фірми "Вікторія" та "Дучки" опиняються поза межами гірничих розробок озокеритового та нафтового промислів у Бориславі [3, 18].

У 1963 р. (березень-квітень) під час викопування котловану для будівництва житлового будинку було виявлено шурф розміром 1,5×1,5 м, доступною глибиною 20 м, за аналогією з іншими гірничими виробітками у Бориславі його фактична глибина може становити 60-100 м. З відкритого шурфа витікала нафтоводяна емульсія та виділявся газ. У зв'язку з цим було прийнято рішення не відмовлятися від будівництва будинку на цьому місці, а змістити його всього на 8 м. На виявленому шурфі (Ш-55), згідно з розробленим проектом, було проведено комплекс інженерних заходів для усунення проблем нафтогазопросявів. На погляд авторів, керівництво газолінових заводів обрали найгірший варіант, коли хотіли герметизувати шурф шляхом скидання 12-16 м³ гематиту (Fe₂O₃), що призвело до грифонів навколо шурфа та навіть у підвалі цього будинку з'явилися нафтогазопросяви. Враховуючи питому густину гематиту, понад 4,3-5,0 г/см³, у шахту було скинуто від 52 до 80 т цього обважнювача [22].

На погляд співробітників КНП "Центр екології, туризму та сталого розвитку" і, згідно з даними роботи [18], виявлений шурф ймовірно є покинутою озокеритовою шахтою фірми "Вікторія" з двома горизонтами глибиною 60 м і 120 м.

З огляду на продовження знаходжень вуглеводнів поблизу будинку, згідно з даними роботи [22], було прийнято рішення демонтувати залізобетону плиту із шурфа (далі також – шахта) та прокопати вздовж будинку траншею, внаслідок чого було встановлено, що вихід вуглеводнів навколо шурфа триває, тому пожежна інспекція заборонила заселення цього будинку. На підставі чого було прийнято рішення розробити заходи з ліквідації нафтогазопросявів, які б дали змогу безпечного проживання мешканців. Проектною організацією було запропоновано три варіанти заходів:

- повна ліквідація шахти шляхом цементування або глинізації її та гірських порід навколо;
- спорудження бар'єру вздовж південно-західної стіни будинку;
- часткове відновлення шахти з відведенням із неї нафти і газу за спеціальною системою, з викидом газу в атмосферу.

Виконавцями було прийнято третій варіант, однак роботи з відновлення шахти до глибини 25 м через складність робіт і небезпечні умови не були проведені. Було облаштовано шахту в такий спосіб: у шахту було спущено колону Ø 200 мм і глибиною 20 м, у нижній частині (на дні) вона заглушена, і по всій довжині, починаючи з глибини 6 м, від верхньої частини були просвердлені отвори, по шість отворів на кожному метрі. Функції цієї колони у відкритому шурфі розмірами 1,5×1,5 м також є незрозумілими. На поверхні із шахти на глибині близько 2,0 м виведено трубопровід діаметром 150 мм до ємності у сторону р. Тисмениці для відведення пластових флюїдів та об'язано із газовивідною трубою на фасаді будинку (рис. 1).



Рис. 1. Шурф, облаштований залізобетонними кільцями та колоною / Pit equipped with reinforced concrete rings and a column

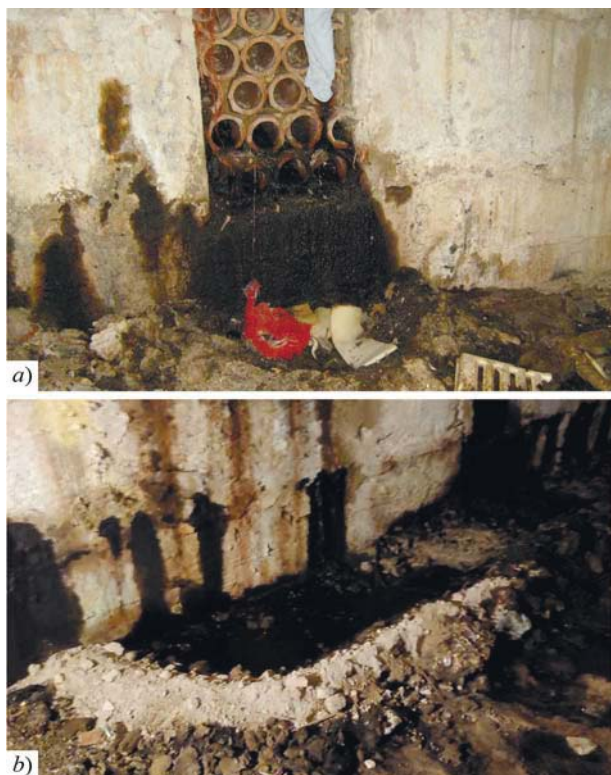


Рис. 2. Нафтопрояви у підвалі будинку № 12 / Oil shows in the basement of building No.12

У жовтні-листопаді 1964 р., після отримання позитивного висновку СВПЧ-7, будинок було заселено.

У 1979 р. на розі будинку, у місці нафтопроявів було облаштовано у землі резервуар із шести залізобетонних кілець глибиною 6,3 м, діаметром 2,1 м, аббревіатура Ш-55а. У лютому 1981 р. відновилися нафтопрояви, тому вирішено було пробурити свердловину СД-47 глибиною 47 м [22].

На сьогодні ситуація із загазованістю території міста в районі вул. Чорновола погіршилася, зокрема через припинення експлуатації спеціальної пошукової дегазаційної свердловини № 2000-Борислав. До підвалу будинку через отвори та тріщини у фундаменті потрапляють вуглеводні (рис. 2). Це відбувається через те, що у попередні періоди ліквідація нафтопроявів поблизу будинку здійснювалася засипанням піщано-гравійною сумішшю або мінеральним ґрунтом, внаслідок чого насип здійснювався на рівні з фундаментом.

Загазованість в районі будинку №12, що на вул. Чорновола (колишня вул. Громова, пізніше Терешкової), почали досліджувати ще у 1981 р. Так у березні 1981 р. у Бориславі працювала комісія Міннафтопрому та Мінгео СРСР зі з'ясування причин і вжиття заходів з ліквідації газопроявів поблизу житлового будинку в Бориславі [1]). Згідно з цим протоколом, на території Борислава протягом 1972-1980 рр. з метою вирішення проблеми загазованості було виконано такі роботи:

- Інститутом УкрДГРІ проведено газометричні дослідження на площі 17 км², для чого було пробурено близько 80 тис. геохімічних свердловин глибиною 1,5 м, 1200 свердловин – до 5,0 м і 55 свердловин – до 20 м. Проаналізовано близько 50 тис. проб газоповітряної суміші. Внаслідок цих робіт було виявлено 124 ділянки з підвищеною загазованістю, з вмістом вуглеводнів понад 3,0 % об'ємних).
- Інститутом "Укрдіпрондінфата" ("Укргіпроннінефть") на шістьох найбільш загазованих ділянках загальною площею 2,89 га було пробурено 83 дегазаційні свердловини, згідно з розробленою конструкцією. Зі свердловин було відібрано 800 проб газоповітряної суміші, внаслідок чого було встановлено, що дегазаційні свердловини істотно знижують загазованість, інколи навіть до 0,09 % в радіусі до 5-10 м навколо свердловини. Також зменшилася на 85-90 % інтенсивність газового потоку;
- Рішенням наради Інститут "Укргіпроннінефть" було визначено відповідальним за розроблення розділу ТЕО щодо реконструкції всієї системи збирання, зберігання і транспортування нафти та газу, герметизації діючого фонду свердловин, ліквідації недіючих свердловин та шурфів-колодязів, під'єднання 107 свердловин до вакуумопроводів, будівництво двох вакуумних компресорних станцій, організація захисних смуг від гірничих виробіток та об'єктів нафтогазової галузі і житлової забудови. Планувалося знести 200 житлових будинків. На всі ці заходи було заплановано 36 864 тис. крб;
- згідно з проектом НГВУ "Бориславнафтогаз" провело ліквідаційно-ізоляційні роботи на 86 свердловинах і 46 шурфів-колодязях, герметизували гірла 125 свердловин з метою відбору газу через вакуумопроводи, проведено геофізичні дослідження в 154 свердловинах, ліквідовано в центральній частині міста п'ять нафтозбірних пунктів;
- Об'єднання "Західукргеологія" обстежило гірла ліквідованих свердловин. Нафтогазопрояви виявлено у 14 свердловинах, на восьми із яких було повторно проведено ліквідаційні роботи.

На підставі ґрунтового вивчення наявних матеріалів комісія дійшла таких висновків:

- ділянки з підвищеною загазованістю та нафтопроявами на денну поверхню є природними процесами, що залежать від глибинної геологічної будови надр Борислава та інших аналогічних регіонів Передкарпаття;
- основними шляхами міграції вуглеводнів є тектонічні порушення і зони тріщинуватості гірських порід. Додатковими шляхами міграції є старі гірничі виробітки (свердловини, шурфи-колодязі), а також численні недіючі трубопроводи;
- заходи з ліквідації гірничих виробіток не зможуть забезпечити вирішення проблем загазованості, інколи навіть призводять до нових ореолів загазованості;
- на практиці немає розробленої ефективної технології ліквідації загазованості в аналогічних геологічних умовах;
- нафтогазопрояви поблизу житлового будинку №12, що на вул. Чорновола, пов'язані з просочуванням нафти і газу з галькового горизонту через порушений шар глини котловану під час будівництва цього будинку. Комісія дійшла висновку, що шурф №55, який знаходиться поблизу будинку, не має стосунку до нафтопроявів.

У 1981 р. було прийнято рішення пробурити дегазаційні свердловини поблизу будинку та було розроблено проект [32]. Згідно з даними проекту, було пробурено 14 дегазаційних свердловин глибиною 17 м.

Біля ліквідованої креліусної свердловини № 197, під час розкопок біля гирла на поверхні не було виявлено нафтопроявів, можливо вуглеводні поступають у цю свердловину з глибини 45 м.

Комісія рекомендувала певний перелік заходів [1], зокрема:

- Інституту УкрДГРІ з врахуванням забудови території, обґрунтувати закладення свердловини у фронтальній частині Бориславської складки, для вивчення гідродинімічних умов родовища і скласти програму дослідних робіт в процесі буріння свердловини;
- звернутися до відповідних державних органів, як виняток надати дозвіл на проведення ремонтних робіт поблизу житлової забудови з метою дегазації території;
- з метою ліквідації нафтогазопроявів поблизу житлового будинку №12 пробурити свердловину глибиною 47 м у на місці виходу вуглеводнів.

Унаслідок буріння дегазаційних свердловин та свердловини глибиною 47 м нафтопрояви не припинилися, тому комісією було рекомендовано пробурити спеціальну дегазаційну свердловину [11]. Враховуючи складний рельєф та щільну забудову, єдиним місцем обрали майданчик на лівому березі р. Тисмениці, безпосередньо біля русла, гіпсометрично значно нижче житлової забудови.

16.08.1982 р. було розпочато буріння пошукової спеціальної дегазаційної свердловини №2000 – Борислав.

Конструкція свердловини була такою:

- направлення Ø 530 мм, глибина спуску – 5 м, забутовано;
- кондуктор Ø 426 мм – 30 м, зацементовано до гирла;
- проміжна колона Ø 324 мм- 211,7 м, зацементовано до гирла;
- експлуатаційна колона Ø 146 мм – 2014 м, зацементовано до гирла.
- свердловина закінчена бурінням 21.01.1983 р.

За результатами буріння свердловини №2000 – Борислав на міжвідомчій нараді [34] було вирішено, що початковим проектом передбачалося буріння основного стовбура свердловини і трьох похило-спрямованих стовбурів у менілітових відкладах першого ярусу. Однак у процесі буріння на глибині 1847 м не було виявлено передбачуваної луски складки першого ярусу структур. Свердловина пройшла мимо основної складки, і були розкриті поляницькі відклади (330-780) і свердловина увійшла у воротищенські відклади, з яких не вийшла до вибою.

Отже, основні продуктивні горизонти менілітових відкладів і бориславський пісковик не було розкрито (рис. 3). На підставі геофізичних досліджень, у свердловині було виявлено десять газоносних об'єктів: 1) 1785-1733 м; 2) 1645-1610 м; 1523-1500 м; 3) 1390-1340 м; 4) 1245-1095 м. 5) 1032-875 м; 6) 805-780 м; 7) 615-560 м; 8) 480-355 м; 9) 260-210 м; 10) 60-30 м.

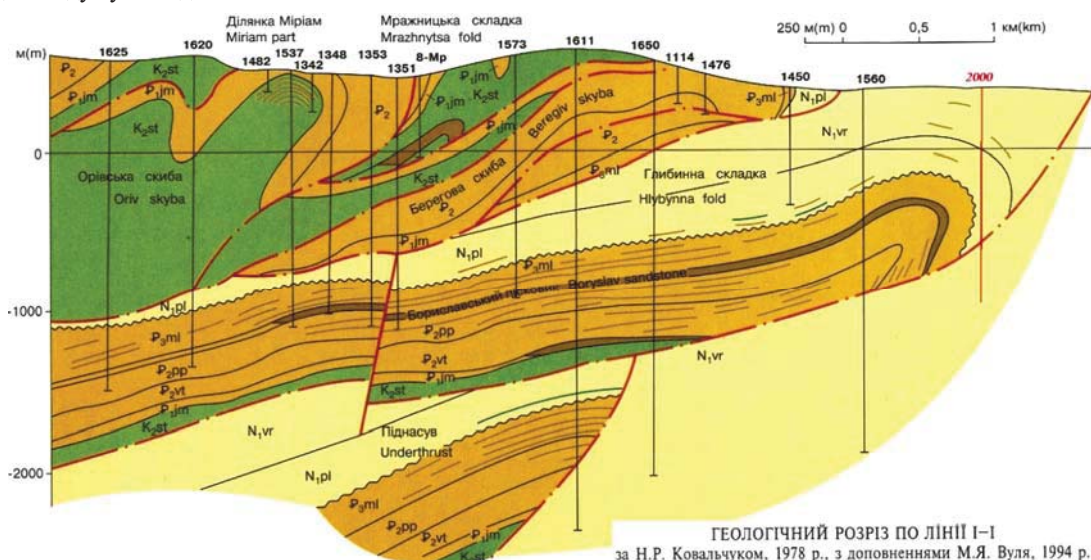


Рис. 3. Геологічний розріз Бориславського нафтового родовища / Geological section of Boryslav oil field [9]

Учасники наради дійшли висновку, що загалом свердловина виконала поставлені на неї завдання, але передбачуваного гідродинімічного зв'язку з нафтогазовим покладом не встановлено. Пошуки глибокими свердловинами тектонічних порушень, як шляхів міграції вуглеводнів є безперспективними.

Комісія запропонувала використовувати свердловину № 2000-Борислав для дегазації розкритого розрізу, спустити експлуатаційну колону і провести випробування окремо виділених газоносних об'єктів.

Цементний міст встановлено в інтервалі 1259,7-1300,0 м. Штучний вибій 1259,7 м.

Насосно-компресорні труби Ø 73 мм були спущені на глибину 1241,69 м.

Згідно з протоколом геолого-геофізичної наради від 25.01.1983 р. [33], було вибрано типи кумулятивних зарядів для різних інтервалів перфорації, з різною щільністю отворів на 1,0 п/м та виконано перфорацію.

У період з 08.06. по 10.08.1983 р. було випробувано IV-X об'єктів: 4) 1245-1095 м. 5) 1032-875 м; 6) 805-780 м; 7) 615-560 м; 8) 480-355 м; 9) 260-210 м; 10) 60-30 м (усі вибірково у різних інтервалах).

Для спільного випробовування IV-X об'єктів, які були випробувані раніше окремо, було проведено розбурювання цементних мостів в інтервалах: 75-103 м; 271-312 м; 495-532 м; 627-650 м; 817-862 м; 1047-1093 м.

Унаслідок освоєння отримали 14,6 м³ води з нафтою (нафти 0,5 м³). Під час дослідження було відзначено приплив води з плівкою нафти в об'ємі від 0,3 м³/добу до 0,6 м³/добу. Середній дебіт становив 0,41 м³/добу.

Дебіт газу по замірах від 08.08 до 15.08.1983 р. становив від 37,0 м³/добу на діафрагмі Ø 4 мм, до 51,8 м³/добу на діафрагмі Ø 7,22 мм.

На підставі попередніх досліджень та рішень органів державної влади з метою вирішення питання зменшення загазованості міста ПАТ "Укрнафта", у 1980-1990-х рр. було реалізовано низку технічних проектів:

- збудовано газопереробне виробництво (для перероблення вакуумного газу);
- збудовано та експлуатуються дві вакуумні компресорні станції (ВКС №1, ВКС №2);
- збудовано мережу вакуумопроводів, здійснюється їх обслуговування та ремонт;
- збудовано і передано в минулі періоди на баланс міста 14 вентиляційних кіосків для вентиляції підземних інженерних мереж. Наразі вказані кіоски не експлуатуються, з огляду на їх руйнування через відсутність належного обслуговування;
- пробурено понад шістсот спеціальних дегазаційних свердловин;
- облаштовано близько п'ятисот шурфів-колодязів;
- під'єднано до вакуумних мереж понад чотириста свердловин;
- постійно виконуються заходи з герметизації свердловин.

З 2001 р. по 2005 р. виконувалась державна "Програми невідкладних заходів із запобігання загостренню екологічної та соціальної ситуації в Бориславі Львівської обл. на 2001-2005 рр.", що затверджена розпорядженням КМУ від 29.11.2001 р. №544-р. Фінансування робіт, згідно з цією програмою, передбачалось з державного, обласного бюджетів та за рахунок коштів ПАТ "Укрнафта".

Згідно з цією програмою, ПАТ "Укрнафта" було профінансовано заходів на суму понад 27,0 млн грн (\$5,4 млн). При цьому, фінансування з державного та обласного бюджетів становило незначні обсяги від запланованих.

Враховуючи, що процес усунення наслідків довготривалого нафтогазовидобутку на Бориславському родовищі і запобігання виникненню можливих надзвичайних ситуацій повинен бути практично безперервним, після завершення дії відповідних державних програм, ПАТ "Укрнафта" продовжує розробляти та фінансувати програми та заходи з ліквідації загазованості Борислава. Так, з 2006 р. по 2017 р. Товариством профінансовано заходів на суму понад 185,0 млн грн (близько \$22,0 млн). Реалізація заходів з ліквідації загазованості триває у такі роки.

Обсяги фінансування заходів зі зменшення загазованості ПАТ "Укрнафта" за роками:

- 2018 рік: план/факт 32 178,5/35 337,9 тис. грн;
- 2019 рік план/факт 43 495,0/37 461,76 тис. грн;
- 2020 рік план/факт 28 830,0/37 524,21 тис. грн; (окрім цього, за перший етап досліджень 5 556,0 тис. грн. ТОВ "Лямор Юкрейн");
- 2021 рік план/факт 31 100,0/0000-31 084,92 тис. грн; (окрім цього, аванс за II етап 3 010,7 тис. грн. ТОВ "Лямор Юкрейн");
- 2022 рік план/факт 32 310,7/30 440,38 тис. грн;
- 2023 рік план/факт 29 810,0/ 31 586,07 тис. грн.

Фінансування моніторингових досліджень ТОВ "Лямор Юкрейн", виконавцями яких були вітчизняні науковці, на погляд авторів, ці затрати були недоцільними, оскільки встановлено давно відомі факти про загазованість територій.

На сьогодні ПАТ "Укрнафта" експлуатує дві вакуумні газові компресорні станції, 110 км трубопроводів, призначених для збирання вакуумного газу, 468 дегазаційних свердловин, 345 шурфів для збирання нафти та води тощо.

Водночас, зазначені заходи спрямовані на забезпечення відповідного контролю за рівнем загазованості, ліквідацію причин і наслідків наявної ситуації, що тісно взаємопов'язані з технологічними процесами нафтогазовидобутку, а також підтримання в динамічній рівновазі природно-техногенну систему, що сформувалася за довготривалий період. Реалізація Товариством даних заходів не може вирішити наявних, незалежних від ПАТ "Укрнафта" територіально-адміністративних, комунальних, соціальних та екологічних проблем, загалом на території Борислава, і особливо щодо проблем які створює недіюча озокеритова шахта та покинуті шахти ще за часів Австро-Угорської імперії.

Бориславське родовище розробляється згідно з "Технологічною схемою розробки нафтового родовища з метою вилучення залишкових запасів нафти та зниження рівня загазованості", видобуток нафти із більшості неглибоких свердловин незначний, режим розроблення деяких покладів визначається як неефективний водонапірний. Подальше визначення варіантів максимально можливого комплексного освоєння родовищ вуглеводнів потребує вибору оптимальних технологічних, технічних і проектних рішень, що забезпечать запобігання або/та мінімізацію процесів шкідливого впливу на довкілля.

Місто Борислав розташоване на території трьох нафтогазових об'єктів – Бориславського нафтогазоконденсатного родовища, де працює ПАТ "Укрнафта" і до якого потрапляють центральна та південна частини міста, Бориславське родовище озокериту в центральній частині міста, яке вже тривалий час не експлуатують, а також частина Північнобориславської площі, де працює ТОВ "Еконафтогаз" і до якої входять центральна та північна частини міста.

Як відомо, рельєф території залежить від тектонічної будови, оскільки у формуванні основних рис сучасного рельєфу задіяні новітні тектонічні рухи, тобто ті, які проходили у неоген-четвертинний періоди. Тому русло річки Тисмениця, на погляд авторів, є зоною розривних порушень та інтенсивної тріщинуватості порід, про що свідчать природні виходи вуглеводнів на денну поверхню у заплаві річки та на її берегах.

Варто зазначити, що заходи з дегазації, які проводить ПАТ "Укрнафта", охоплюють тільки ту частину міста, що входить в межі Бориславського родовища, тобто виключно у межах ліцензійної ділянки. Водночас, для вирішення аналогічних проблем із забрудненням довкілля вуглеводнями, супутньо-пластовими водами на території міста, що знаходиться за межами спецдозволу товариства, потребує залучення інших надрокористувачів, зокрема ТОВ "Еконафтогаз". Ще одним елементом довгострокового вирішення екологічних проблем міста має стати рішення стосовно озокеритової шахти, що розташована в його центральній частині. На погляд експертів Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, які у грудні 2017 р. випустили звіт за результатами дослідження екологічної ситуації в Бориславі, ситуація з озокеритовою шахтою катастрофічна. У шахті відсутні відкачування води та примусова вентиляція вже другий десяток років, що призводить до накопичення нафти на поверхні води та газу в повітряному просторі над нею. Експерти також вказують на небезпеку загоряння, вибуху, а також на високу ймовірність просідання ґрунтів над виробітками шахти через затоплення і руйнування опірних конструкцій.

Свердловина №2000 Борислав та будинок №12 на вулиці Чорновола розташовані у межах ліцензійної ділянки надрокористувача ТОВ "Еконафтогаз", яке отримало спеціальний дозвіл на користування надрами №4777 від 29 червня 2016 р. на Північно-Бориславську площу. Однак свердловина належить ПАТ "Укрнафта", і оскільки вона знаходиться поза межами ліцензійної ділянки, у серпні 2016 р., було припинено її експлуатацію та встановлено заглушку на шлейфі свердловини (рис. 4).

На сьогодні у свердловині знаходяться насосно-компресорні труби 117 шт, Ø 73 мм, загальною довжиною 1168,5 м та глибинний штанговий насос НВ1Б-32.

Протягом січня-вересня 2016 р. середньодобовий видобуток з цієї свердловини становив:

- з воротищенських відкладів: нафти 0,033-0,091 т/добу; води 0,167-0,226 м³/добу; газу 0,032-0,161 м³/добу;

- з поляницьких відкладів: нафти 0,15-0,2 т/добу; води 0,01-0,583 м³/добу; газу 0,042-0,1 м³/добу.



Рис. 4. Гирло свердловини № 2000 з від'єднаним шлейфом / Wellhead No. 2000 with a disconnected plume

При чому газовий чинник з воротищенських відкладів становив від 500 до 2000 м³/м³, а з поляницьких тільки від 282 до 533 м³/м³.

Слід зазначити, що з врахуванням рентних платежів експлуатація цієї свердловини не може бути рентабельною, як і більшість свердловин, які беруть участь у дегазації територій Борислава, тому у 2009 р. ПАТ "Укрнафта" звернулося з листом до Кабінету Міністрів України з метою розглянути можливість звільнення Товариства від сплати рентних платежів за отримані в процесі дегазації вуглеводні. Цю ініціативу підтримало Мінекономіки, оскільки проблема вкрай важлива і заслуговує на увагу (лист від 29.10.2009 №3705-29/948-1).

Через припинення експлуатації цієї свердловини ситуація погіршилася, особливо на майданчику свердловини та поблизу, на прилеглої території, де є виходи вуглеводнів та супутньо-пластових вод (далі – також СПВ) на денну поверхню через природні та техногенні шляхи міграції (рис. 5,а,б), забруднюючи при цьому ґрунти, поверхневі та ґрунтові води. При цьому вуглеводні та СПВ з лівого берега стікають безпосередньо у річку Тисменицю і доєднуються до інших природних виходів нафти у руслі річки та на правому березі (рис. 5,с,д).



Рис. 5. Виходи вуглеводнів / Outputs of hydrocarbons : а), б) та СПВ поблизу свердловини № 2000 / and associated formation water near well No. 2000; с), д) на правому березі р. Тисмениці / on the right bank of the Tysmenytsia River

Водночас питання зниження рівня загазованості і надалі залишається проблемним. За інформацією ПАТ "Укрнафта", у центральній частині міста в окремих каналізаційних колодязях виявлено підвищені рівні загазованості, вміст вуглеводневих газів становить 4-6 % об'ємних. Високий рівень концентрації вуглеводневих газів є загрозою виникнення надзвичайної ситуації, при цьому Державна служба з надзвичайних ситуацій не залучається до вирішення порушених питань.

За відсутності державної підтримки у питанні фінансування ліквідації наслідків довготривалого видобування нафти і газу та зменшення загазованості навколишнього середовища м. Борислава, ПАТ "Укрнафта" не спроможне одноосібно вирішити цю проблему.

Проблема забруднення довкілля вуглеводнями тісно пов'язана з геолого-тектонічною будовою регіону та розробкою родовищ. Відбувається одночасне забруднення усіх компонентів довкілля нафтою та вуглеводневими газами. Під час природних витоків нафти відбувається її потрапляння на ґрунт, у шахтах, де відсутнє відкачування води, відбувається нагромадження нафти на поверхні води, також відбувається забруднення атмосферного повітря внаслідок процесів випаровування легких фракцій нафтових вуглеводнів. У більшості шахт відсутня примусова вентиляція, все це призводить до нагромадження газу в повітряному просторі. Тому проблему зменшення забруднення довкілля у м. Борислав необхідно розглядати комплексно. І технічні рекомендації також мають бути спрямовані на комплексність вирішення проблеми.

Отже, територія м. Борислава знаходиться в зоні складної тектонічної будови, що впливає на природну еманіцію вуглеводнів на територію міста. Проте, з моменту розроблення нафтогазоконденсатного та озокеритового родовища, а також інтенсивної розбудови міста відбувся техногенний вплив на природні об'єкти. Все це призвело до загострення екологічної ситуації в м. Бориславі. Якщо природне забруднення можна тільки спостерігати та йому запобігти не можна, то щодо техногенного впливу – його необхідно мінімізувати, запроваджуючи відповідні природоохоронні заходи.

Ураховуючи наведене, на думку авторів, необхідно терміново вжити таких заходів щодо мінімізації впливу неконтрольованих еманцій нафти і газу на денну поверхню:

1. У найкоротші терміни вирішити питання щодо відновлення експлуатації пошукової спеціальної дегазаційної свердловини №2000 – Борислав з під'єднанням її затрубного простору до вакуумної мережі ПАТ "Укрнафта".
2. Вжити заходів щодо облаштування покинутої шахти поблизу будинку №12, що по вулиці Чорновола. Для цього з використанням технічних засобів, очистити шахту від гематиту, на максимально можливу глибину, обсадити перфорованою обсадною колоною. Спустити у шахту електровідцентровий насос невеликої потужності для відкачування рідких пластових флюїдів, а затрубний простір герметизувати та під'єднати до вакуумної мережі ПАТ "Укрнафта".
3. Облаштувати майданчик: зняти забруднений ґрунт та нанесену піщано-гравійну суміш до природного рівня; демонтувати непотрібне застаріле та недіюче обладнання; об'єднати розрізнені елементи дегазації та збирання рідких вуглеводнів в один комплекс.
4. Вивчити можливість та доцільність відновлення ліквідованих свердловин, розташованих поблизу вул. Чорновола та інших свердловин в центральній частині

Борислава з метою вилучення рідких вуглеводнів та під'єднання їх до вакуумної мережі. У разі недостатності запропонованих заходів, розглянути можливість щодо закладення нових неглибоких свердловин з метою вилучення вуглеводнів та дегазації приповерхневих шарів.

5. Державній службі з надзвичайних ситуацій забезпечити постійний контроль за рівнем загазованості з влаштуванням локальної автоматизованої системи запобігання вибуху газу в підвальних приміщеннях житлових будинків та інших об'єктів, що розташовані на найбільш загазованих територіях Борислава, з встановленням примусової вентиляції та розробленням нових особливих вимог до будівельних норм.
6. Ініціювати розроблення механізмів державного стимулювання користувачів надр щодо впровадження системи економічних та адміністративних механізмів з надання державної підтримки реалізації проєктів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу на довкілля та зменшення загазованості територій Борислава, зокрема звільнення їх від отримання спеціального дозволу на ділянку надр, за аналогію зі ст.48 Водного кодексу України (не належать до спеціального водокористування: усунення шкідливої дії вод (підтоплення, засолення, заболочення) та сплати рентних платежів за вилучені вуглеводні під час дегазації населених пунктів.
7. Органам місцевого самоврядування та обласній державній адміністрації ініціювати розроблення та реалізацію державної цільової програми з дегазації м. Борислава, з впровадженням когенераційної установки для виробництва електричної та теплової енергії з утилізацією метану.

Обговорення результатів дослідження. Ян Любаш дослідив [17] історію розвитку нафтогазової промисловості на території Галичини, як відбувалось формування процесу видобування та процес перероблення нафти на нафтовому заводі у Бориславі. Дослідники у своїй роботі [37] аналізують, яким чином відбувався пошук корисних копалин на території Польщі та, зокрема, на території Прикарпаття, наголошено на складній геологічній будові території Борислава.

У роботі [4] розглянуто ефективність використання дистанційного моніторингу вуглеводневого забруднення на територіях, де відбувається довготривале видобування вуглеводнів. За допомогою дистанційного зондування Землі автори довели можливість ідентифікації об'єктів, які є джерелами забруднення довкілля, та запропонували методико-технологічну схему дистанційного моніторингу на об'єктах нафтогазової промисловості. За результатами дослідження встановлено, що у м. Борислав загальна площа забруднення вуглеводневими газами становить приблизно 20 кв. км. На основі проведених досліджень автори запропонували систему моніторингу атмосферного повітря Борислава.

Автори [5] акцентують увагу на забрудненні метаном, який одночасно є парниковим газом. Для дослідження площинного забруднення та локалізації джерел викидів запропоновано використання дронів з чутливим системою вимірювання газів. Поєднання горизонтальних та вертикальних схем польотів дронів можна проводити пошук джерел викидів та проводити їх картографування, будувати карти концентрацій метану та визначати сумарні потоки газу. За рекомендацією дослідників, використання такого методу буде ефективним у складних промислових ландшафтах.

У роботі [10] доведено, що на ступінь забруднення атмосферного повітря впливає комплекс чинників і, насамперед, це несприятливі метеорологічні умови, концентрація газів, процеси розсіювання та перенесення забруднювальних речовин, а також топографічні обмеження. Автори також обґрунтували використання чутливих аналітичних детекторів на базі безпілотних літальних апаратів.

У багатьох дослідженнях приділено увагу забрудненню навколишнього середовища закинутими нафтогазовими свердловинами, які є найбільшим невизначеним джерелом забруднення. А основним природним компонентом забруднення є атмосферне повітря навколо свердловин довготривалого видобування [19, 36], з яких можлива еманация не тільки вуглеводневих газів, а й сірководню. За дослідженнями [36], кількість покинутих свердловин на території США становить щонайменше 4 млн, а для Канади понад 370 тисяч. Коефіцієнт викидів метану становить в середньому 6,0 г/год. Автори [26, 30, 35] акцентують увагу на необхідності постійного моніторингу за викидами з свердловин, оскільки вони змінюються навіть протягом року.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – отримало подальший розвиток дослідження природно-техногенної системи м. Борислава у ретроспективі формування техногенних промислових об'єктів видобування корисних копалин на території міста з урахуванням нових історичних матеріалів щодо міської забудови в минулому, що дало змогу дослідити вплив змін та сучасний стан надрокористування на техногенно-екологічну ситуацію м. Борислава.

Практична значущість результатів дослідження – сформовані за результатами досліджень рекомендації щодо мінімізації наслідків довготривалої експлуатації покладів нафти і газу на території м. Борислава нададуть змогу значно покращити ситуацію щодо техногенної безпеки на території міста, мінімізують негативний вплив на довкілля.

Висновки / Conclusions

Досліджено можливість зменшення екологічних наслідків довготривалого видобування нафти і газу на території Борислава, що дасть змогу покращити екологічну ситуацію в місті та уможливить запобігання розвитку екологічної катастрофи. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Проаналізовано значну кількість історичних та архівних матеріалів щодо розташування давніх гірничих виробіток та вплив їх на довкілля, внаслідок чого встановлено, що відсутність достовірної інформації ускладнює формування об'єктивного уявлення про сформовану екологічну ситуацію на території м. Борислава.

2. Доведено, що бездумна та хаотична забудова території міста, інколи навіть безпосередньо на гірничих виробітках, які не були ліквідовані належно і продовжують здійснювати значний негативний вплив, призвело до надзвичайно складної техногенно-екологічної ситуації в місті.

3. Встановлено, що за останні роки на території Борислава відбулись значні зміни в надрокористуванні, які значно погіршили екологічну ситуацію в місті:

- озокерит на території Борислава практично не видобувають, гірничі виробітки (шахти) перебувають в незадовільному стані, не ліквідовані належно і, ймовірно, їх відновлення є не рентабельним;
- Північнобориславська площа, в межах якої розташовано найпроблемніші ділянки загазованості центру міста, надрокористувач не експлуатує, – це здійснює значний негативний вплив на техногенно-екологічну ситуацію у місті;
- Бориславське родовище займає значну частину міста, проте значна частина ліквідованих свердловин не під'єднана до вакуумної мережі ПАТ "Укрнафта", нафтогазове обладнання потребує істотного оновлення, а об'єкти нафтогазовидобутку – упорядкування та осучаснення.

References

1. Determine the causes and take measures to eliminate a gas show near a residential building in Boryslav. (1981). Minutes of the meeting of the commission of the Ministry of Petroleum Industry and the Ministry of Geology of the USSR, 6.
2. Dryhulych, P. G., & Pukish, A. V. (2013). Problems of urbanized territories during the development of oil and gas fields (at the example of the Boryslav city). Oil and Gas Industry of Ukraine, 2, 44–49. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ngu_2013_2_13
3. Extraction of earth wax in Galicia and new rules of the mountain police for it. (1890). Vienna: a separate publication from the seventh volume of the work published later: "Mining Inspectorate in Austria.", 84.
4. Filipovych, V. Ye., Mychak, A. G., Kudryashov, O. I., & Shevchuk, R. M. (2020). Remote monitoring of the state of hydrocarbon pollution of the geological environment and assessment of the risks of dangerous situations in areas of long-term oil and gas production and compact living of the population. *Ukrainian Journal of Remote Sensing*, 26, 14–26. URL: http://jnas.nbuv.gov.ua/j-pdf/ukjdzs_2020_26_4.pdf
5. Gålfalk, M., Nilsson Pålédal, S., & Bastviken, D. (2021). Sensitive Drone Mapping of Methane Emissions without the Need for Supplementary Ground-Based Measurements. *ACS Earth and Space Chemistry*, 5(10), 2668–2676. <https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.1c00106>
6. Geochemical investigations into the ecology of the Boryslav city of formation fluids of the Boryslav oil gas condensate deposit. (2001). Scientific Research Report. Lviv: Ukrainian state Geological Exploration Institute, 92.
7. Ivanov, E. A. (2012). Geoecological problems of the mining and industrial area of the Lviv region Ukraine: geography of goals and possibilities. Collection of scientific works: collection of scientific papers, 1, 119–122. URL: https://www.researchgate.net/publication/321318895_Geoekologicna_problematika_girnicopromislovih_teritorij_Lvivskoi_oblasti/fullTextFileContent
8. Ivanov, E., Melnyk, O., & Melnyk, R. (2020). Ecological condition analysis of Boryslav city (Lviv Region) nature-economic systems. In International scientific and practical online conference materials, dedicated to 20th anniversary of Department of Constructive Geography and Cartography of Ivan Franko National University of Lviv "Constructive geography and cartography: state, problems, perspectives", 150–154. Lviv: Prostir-M. URL: <http://surl.li/tilk>
9. Ivanyuta, M. M. (Ed.). (1998). Atlas of oil and gas deposits of Ukraine. Lviv: Center of Europe. URL: <https://esu.com.ua/article-44597>
10. Jońca, J., Pawnuk, M., Bezyk, Y., Arsen, A., & Sówka, I. (2022). Drone-Assisted Monitoring of Atmospheric Pollution – A Comprehensive Review. *Sustainability*, 14(18), article number 11516. <https://doi.org/10.3390/su141811516>

11. Justification for laying a special degassing well No. 2000-Boryslav, Technical document, 2.
12. Khudin, M. V., & Mykhailishyn, B. I. (2017). Analysis of the current state and development prospects of the Boryslav oil field. In International Scientific and Technical Conference "Oil and Gas Power Engineering-2017", 79–80. Ivano-Frankivsk. URL: <https://www.scribd.com/document/447927840/Zbirnyk-2017-f>
13. Klimova, N. G. (2004). History of the development of the Boryslav oil and gas field and the environmental heritage of its exploitation. All-Ukrainian. science and theory magazine "History of Ukrainian Geography", 10, 63–68. URL: <https://ukr-tur.narod.ru/istoukrgeo/allpubl/natur/istosvborysl.htm>
14. Krechkivska, G. V., Tsaryk, Y. V. (2011). Study of soil microorganisms state of boryslav ozocerite minefield dumps soils. Odesa National University Herald. Biology, 16, 6(24), 55–61. URL: <http://visbio.onu.edu.ua/article/view/181617>
15. Kuchmanych, N. H., Bryndzia, I. V., & Shchemelov, G. V. (2018). Reservoir water of Boryslav oilfield as a source of iodine and bromine. Visnyk of V.N. Karazim Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology", 48, 62–70. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-48-05>
16. Lipinska, E. (2010). Places of natural flow of oil and natural gas emissions in Podkarpackie. Infrastructure and ecology of rural areas, 1, 13–24. URL: <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.dl-catalog-d3f4c8a1-6e9d-4cd3-911d-1da813c2d258>
17. Lubas, J. (2021). The beginnings of the Oil and Gas Institute: the history of ninety years of development. Nafta-Gaz., 11, 765–776. URL: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1097c4e0-e93a-4e8e-8176-8de9a620496e>
18. Muck, J. (1903). Extraction of earth wax in Borislaw. Berlin. Verlag voy Julius Springer, 227. URL: <https://www.amazon.com/Erdwachsbergbau-Boryslaw-German-Josef-Muck/dp/364290128X>
19. Munawar, M. J., Bu, X., Rehman, S. U., Ahsan, N., Hassan, H. A. R., & Talha, M. (2022). Abandoned oil and gas wells for geothermal energy: Prospects for Pakistan. In Utilization of Thermal Potential of Abandoned Wells, 315–340. Academic Press. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323906166000166>
20. Mychak, A. G. (2002). Geochemical control of the state of gas contamination of the air basin of Boryslav with the use of Earth remote sensing materials. In Scientific Research Report. Kyiv: Scientific Center for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine; scientific supervisor, 100.
21. Ozokerite fever. Ozokerite mining in Galicia in the 19th century. URL: <http://surl.li/tkrepe>
22. Project "Measures to combat the release of oil and gas from an old pit near residential building No. 8 on Gromova Street. (1964). Ivano-Frankivsk: Design and Construction Technological Institute, I, 24.
23. Pukish, A. V., & Dryhulych, P. G. (2017). Ecological aspects of hydrocarbon deposits restoring. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 2(16), 5–10. URL: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/5459>
24. Pukish, A. V., Dryhulych, P. G., & Adamenko, Y. O. (2015). Analysis of measures to reduce the level of gas contamination in the Boryslav city. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 1, 70–74. URL: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/195>
25. Rak, Yu. M., Karaby, V. V., & Mirnenko, V. I. (2020). Zoning of a mountain river for the purposes of civil protection and environmental safety (on the example of the Tysmenytsia River). *Science and Defense*, 2, 55–60. <https://doi.org/10.33099/2618-1614-2020-11-2-55-60>
26. Riddick, S. N., Mauzerall, D. L., Celia, M. A., Kang, M., & Bandilla, K. (2020). Variability observed over time in methane emissions from abandoned oil and gas wells. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 100, article number 103116. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S154650583620300906>
27. Romaniuk, O. I., & Shevchyk, L. Z. (2013). Complex environmental monitoring of the oil-contaminated territories on the example of the town Boryslav. *Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute*, 5, 19–22. URL: <http://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/1026>
28. Romanyuk, O. I. (2011). Ecological heritage from the exploitation of the oil and gas deposit on the territory of Boryslav. *Geology and Geochemistry of Combustible Minerals*, 1–2, 151–153. URL: http://iggcm.org.ua/wp-content/uploads/2015/10/Intern_ukr_11_1-2.pdf
29. Romanyuk, O. I. (2012). Integrated environmental monitoring of contaminated soils, air, and water on the territory of the Boryslav city. In International scientific and practical conference "State, problems and prospects of the oil and gas industry of Ukraine", 81. Lviv: Publishing house Lviv. Polytechnics. URL: <https://ena.lpnu.ua/collections/c4a5bb9a-d011-4719-b44f-a1edec9adb7e>
30. Saint Vincent, P. M., Reeder, M. D., Sams III, J. I., & Pekney, N. J. (2020). An analysis of abandoned oil well characteristics affecting methane emissions estimates in the Cherokee Platform in eastern Oklahoma. *Geophysical Research Letters*, 47(23), article number e2020GL089663. <https://doi.org/10.1029/2020GL089663>
31. Tarnavskiy, A. B., & Sukach, Y. G. (2012). Technogenic and ecological situation in the city of Boryslav. In 1st International Scientific and Practical Conference "Ecological safety as the basis of sustainable development of society", 385. Lviv. URL: <https://sci.lubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/2644>
32. Technical design for the construction of degassing relief wells No. 1–14 near house No. 14 on the street. Tereshkova in Boryslav. (1981). Technical design: Drogobych-Boryslav.
33. The geological and geophysical meetings of the Boryslav Drilling Unit of the Carpathian geological prospecting expedition. (1983). Minutes of the meetings, 2.
34. The results of drilling exploratory well No. 2000_Boryslavskaya. (1983). Minutes of the meeting of the commission of the Ministry of Petroleum Industry and the Ministry of Geosciences of the USSR, 01/06/1983, 5.
35. Townsend-Small, A., & Hoschouer, J. (2021). Direct measurements from shut-in and other abandoned wells in the Permian Basin of Texas indicate some wells are a major source of methane emissions and produced water. *Environmental Research Letters*, 16(5), article number 054081. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abf06f/pdf>
36. Williams, J. P., Regehr, A., & Kang, M. (2020). Methane emissions from abandoned oil and gas wells in Canada and the United States. *Environmental science & technology*, 55(1), 563–570. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04265>
37. Wołkiewicz, S., Kozłowska, O., Zglinicki, K., & Gabrys-Godłowska, A. (2020). The role of Polish Geological Institute in identifying mineral resources of Poland: today and in the future. *Geological Survey*, 68(5), 319–329. URL: <http://surl.li/tjzkb>
38. Zeitler, M. (2001). Ecological consequences of long-term oil extracting in Boryslav deposits. Proceedings of the Shevchenko Scientific Society, VII: Ecological collection. Environmental problems of environmental management and biodiversity of the Lviv region, 83–89. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73453>
39. Zeitler, M. Y. (2000). Factors of technogenic influence on the ecological systems of the Boryslav oil deposit. In International scientific and practical conference "Technogenic and ecological safety of regions as a condition for sustainable development of Ukraine", 18–20.
40. Zeitler, M. Y. (2012). Reclamation of phytocoenoses of technogenic ecosystems of the Boryslav city. In International Scientific-Practical Conference "State, Problems and Prospects of Ukrainian Oil-and-Gas Industry", 85. Boryslav: National Joint Stock Company "Naftogaz of Ukraine". URL: <https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/15521>

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE FINAL STAGE OF THE EXTRACTION OF OIL AND GAS FIELDS

An analysis of the causes of environmental pollution in the territory of the city of Boryslav due to hydrocarbon extraction was carried out. In the course of research, historical materials related to the emergence of problems of gas pollution in the city were studied. The geological and tectonic structure of Boryslav oil and gas condensate field and Boryslav ozokerite deposit, and also methods of oil, gas and ozokerite extraction are analyzed. Specific geological and tectonic conditions of the region are found to lead to the formation of the relevant natural and technological system and, therefore, they are the main cause of environmental pollution. Research results obtained show that the uncontrolled, chaotic development of the city, both during the time of the possession of the Western empires and during the Soviet era, led to a significant increase of number of residential, economic or administrative buildings located directly on the deposit, on which for a long time there have been mining facilities working for the extraction of ozokerite and oil, in particular, pits, wells, boreholes, mines. It is established that a significant negative impact on the environment is caused by abandoned mining operations from the search and extraction of ozokerite, which at one time were not properly eliminated and are currently potential sources of hydrocarbons coming to the surface. It was determined that the greatest danger is especially imposed to the environment, abandoned mines from the times of the Austro-Hungarian Empire. A study of the state of the environment of the territory near the abandoned ozokerite mine, where the place of intensive extraction of oil and gas to the day surface, was established. On this site there is a residential building, the residents of which were relocated to other places due to gas leaks in its basement. Preliminary studies of gasification of near-surface soil layers and the development and implementation of measures for their elimination were evaluated. Additional halos of soil and surface water contamination with oil and accompanying formation waters were detected as a result of the suspension of operation of the exploratory special degassing well No. 2000 – Boryslav. It was found that a significant number of liquidated wells are not connected to the vacuum network for degassing the territories. New areas of scientific research and improvement of existing measures and the development of more effective methods for degassing territories and minimizing environmental pollution with oil are proposed.

Keywords: ozokerite production; oil and gas production; environmental pollution; gas contamination; vacuum network.