



DOI: 10.36023/ujrs.2020.26.179

УДК 528.88:504:622.323

Дистанційний моніторинг стану вуглеводневого забруднення геологічного середовища і оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій у районах тривалого нафтогазовидобування та компактного проживання населення

В. Є. Філіпович*, А. Г. Мичак, О. І. Кудряшов, Р. М. Шевчук

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, вул. О. Гончара 55 Б, Київ 01054, Україна

На основі аналізу наземних та дистанційних досліджень визначено можливості космічних даних при екомоніторингу родовищ вуглеводнів. Запропонована методико-технологічна схема оцінки ризиків нанесення шкоди довкіллю. Перелік завдань, що можуть бути вирішені за допомогою даних дистанційного зондування Землі:

- контроль забруднення довкілля вуглеводнями (нафтою, газом) на різних стадіях функціонування нафтогазового комплексу — від пошуку і експлуатації родовищ, до транспортування, збереження і переробки нафтопродуктів;
- підтоплення і затоплення територій видобутку нафти підземними водами;
- виявлення, картографування, польові дослідження, розривних порушень різного рангу, які являються шляхами міграції нафти та газу у верхніх шарах земної кори;
- виявлення і картографування техногенних джерел загазованості приземного шару атмосфери, а саме:
- негерметичних свердловин, нафто- і газопроводів;
- шурфів-колодязів, шахт, похованих під сучасними відкладами с будинками.

Супутниковий моніторинг складається з 4-х етапів. На першому, попередньому етапі, визначаються об’єкти дистанційного моніторингу, формується база супутникових і тематичних даних, закладаються основи майбутньої тематичної ГІС. На другому етапі ведеться власне виявлення (дешифрування) забруднених вуглеводнями об’єктів і територій. На наступному, третьому етапі, проводиться комплекс польових робіт з метою валідації методики досліджень і верифікації отриманих даних за допомогою наземних вимірів.

На четвертому, заключному етапі, на основі аналізу всієї отриманої інформації проводиться оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій і прогнозується можливі їх наслідки.

Розглянуто можливості оцінки ризиків виникнення небезпечних ситуацій на ділянках довготривалого видобутку вуглеводнів за даними ДЗЗ. Дано огляд небезпечних ситуацій, внаслідок видобутку вуглеводнів у м. Борислав. Запропоновано рекомендації, щодо зменшення ризику їх виникнення.

Ключові слова: космічний моніторинг, видобуток вуглеводнів, вуглеводневе забруднення довкілля, оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій

© В. Є. Філіпович, А. Г. Мичак, О. І. Кудряшов, Р. М. Шевчук. 2020

1. Вступ

У 2019 р. видобуток нафти і газоконденсату в Україні склав 2.13 млн тонн і природного газу — 20.7 млрд куб. м (Нафтогазова промисловість України в цифрах..., 2019). Видобування ВВ (вуглеводнів) ведеться на 595 родовищах: нафти (138), газу (272) і газового конденсату (185) (Стан запасів..., 2019).

Переважає кількість родовищ і підприємств нафтогазо-переробної промисловості зосереджена у трьох регіонах України: Східному, Західному і Південному (Рис. 1).

Представлені дані свідчать про те, що Україна має розвинену структуру нафтогазового комплексу, який включає ви-

добування, транспорт і переробку ВВ. Звісно, як і будь який інший, нафтогазовий промисловий комплекс значно впливає на оточуюче середовище, переважно негативно, особливо у районах довготривалого видобування вуглеводнів.

У грудні 2019 р. в Україні з 6 великих нафтопереробних заводів (НПЗ) (Дрогобицький, Надвірнянський, Одеський, Кременчуцький, Лисичанський, Херсонський) працював лише один — Кременчуцький. Крім того, нафтопродукти продовжують виробляти ще приблизно 15 невеликих підприємств. Отже, на даний час нафтопереробні комплекси не завдають суттєвої шкоди довкіллю.

Газонафтогазотранспортна система України знаходиться в задовільному стані і відповідає екологічним умовам експлуатації за європейськими стандартами. Ризики виникнення аварійних ситуацій можуть бути пов’язані з пошкодженням нафтогазопроводів внаслідок природних явищ (неотектонічних процесів в т. ч. сейсмічних, катастрофічних паводків, активі-

* E-mail: vefilin2000@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9404-8122>
 тел.: + 380 44 482 03 72

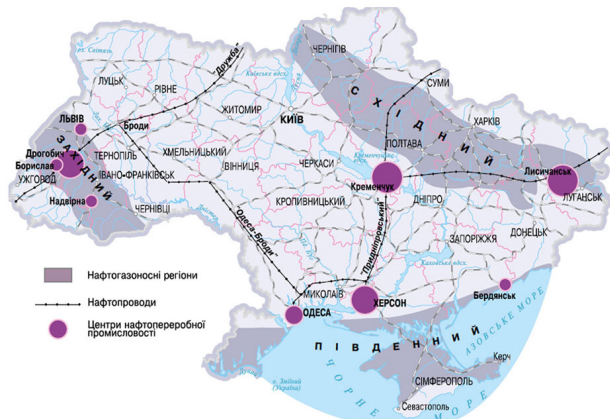


Рис. 1. Карта-схема нафтогазового комплексу України (<https://geografiamozil2.jimdo.com>)

зації зсувних процесів тощо), а також, через техногенні фактори (терористичні акти, незаконні врізки та інші порушення герметичності).

Оперативне виявлення та прогнозування таких подій (проведення супутникового екомоніторингу) на основі матеріалів дистанційних зйомок даних є доцільним і ефективним на територіях нафтогазових промислів, де ведеться активна експлуатація родовищ, і особливо, у районах довготривалого видобутку вуглеводнів.

1.1. Актуальність досліджень

Незважаючи на значні досягнення при екологічних роботах і охороні довкілля на підприємствах Нафтогаз України (Екологія та охорона довкілля..., 2018; Корпоративний річний звіт..., 2019), впровадження супутникових методів екомоніторингу в нафтогазовидобувному комплексі України знаходиться на початковій стадії і потребує теоретичного обґрунтування, розробки методико-технологічної схеми дистанційного моніторингу вуглеводневого забруднення, і наведення прикладів практичного застосування. З іншого боку об'єкти нафтогазового комплексу несуть потенційну загрозу для довкілля (в тому числі і для життєдіяльності населення), особливо на ділянках довготривалого видобування ВВ. Тому оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій за даними ДЗЗ має також і важливе соціально-економічне значення.

1.2. Головна мета роботи

Головною метою даної роботи є розробка методико-технологічної схеми дистанційного моніторингу стану вуглеводневого забруднення геологічного середовища і оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій на ділянках довготривалого видобутку ВВ за даними дистанційного зондування Землі.

Досягнення головної мети потребує вирішення низки питань, серед яких основними є:

- Визначення негативного впливу нафтогазового комплексу на довкілля і оцінка можливостей супутникових даних для моніторингу вуглеводневого забруднення.
- Визначення переліку об'єктів та геологічних процесів що підлягають дистанційному екомоніторингу довкілля у межах родовищ ВВ.
- Розробка методико-технологічної схеми дистанційного моніторингу.

- Оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій на ділянках довготривалого видобутку ВВ за даними ДЗЗ.
- Проведення супутникового моніторингу у межах Бориславського нафтогазового родовища і розробка на його основі рекомендацій щодо вирішення екологічних проблем і мінімізації ризиків виникнення аварійних ситуацій пов'язаних з довготривалим видобутком вуглеводнів.

2. Негативний вплив нафтогазового комплексу на довкілля і оцінка можливостей супутникових даних для моніторингу вуглеводневого забруднення навколишнього середовища

Ризики негативного впливу нафтогазового комплексу на довкілля пов'язані з наступними сферами його діяльності (Екологія та охорона довкілля..., 2018; Корпоративний річний звіт..., 2019):

- проведення геологічних досліджень та пошуково-розвідувальних робіт;
- розробка нафтогазових родовищ;
- транспортування вуглеводнів магістральними та промисловими трубопроводами;
- зберігання нафти;
- облаштування та експлуатація підземних сховищ газу;
- підготовка та переробка вуглеводневої сировини;
- постачання природного і скрапленого нафтового газу промисловим споживачам та комунально-побутовому сектору;
- експлуатація автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій тощо.

Основними чинниками впливу підприємств групи Нафтогаз на довкілля є:

- викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу;
- споживання води;
- утворення відходів;
- аварійні викиди або розливи забруднюючих речовин.

Окрім того, в місцях довготривалого видобутку ВВ існує можливість розвитку таких небезпечних геологічних процесів як підтоплення підземними водами, просадки ґрунту над виробленими пластами, міграція вуглеводневих флюїдів у зонах тектонічних порушень тощо.

Для виявлення вуглеводневого забруднення ґрунтів та поверхневих вод методами ДЗЗ (дистанційного зондування Землі) використовують, як правило, багатоспектральні космічні дані в комплексі з наземною і аеровисотною спектроскопією. Так, сьогодні для цих цілей використовують супутникові дані ШСЗ Landsat і Sentinel, які є у вільному доступі у мережі Інтернет і мають досить велику широту смуги зйомки (180 і 290 км), з просторовим розрізненням на місцевості 30 і 10 м. Для більш детального аналізу забруднення можна рекомендувати дані отримані з супутників WorldView 3, 4 у панхроматичному діапазоні з розрізненням на місцевості 0.3 м, у мультиспектральному (MS — 8 каналів, розрізнення 1.24 м), короткохвильовому (SWIR — 8 каналів, розрізнення 3.7 м) та 12 спецканалів CAVIS, з розрізненням 30 м.

Вимірювання рівня парникових газів, в атмосфері в т. ч. і метанових еманцій з орбітальних космічних апаратів здійснюється на регіональному та глобальному рівнях. Такі роботи були розпочаті ще у 1996 році минулого століття, коли було запущено супутник ADEOS з Фур'є сенсором на борту. Після цього, вже у 2002 році дослідження парникових газів було продовжено з допомогою сенсора AIRS, яким було обладнано космічний апарат AQUA. У 2009 було виведено на орбіту японський супутник Ibuki ("Дихання") або GOSAT,

створений з метою дослідження парникових газів. Через 9 років його змінив на орбіті удосконалений наступник — Ibuki-2. Усі ці апарати охоплювали великі території, а дослідження мали оглядовий, в кращому випадку, регіональний характер, причому, вимірювання проводилось у верхніх шарах атмосфери (Рис. 2). Викиди забруднюючих вуглеводневих речовин, парникових газів у приземних товщах атмосфери, на невеликих площах, ділянках, в межах нафтогазових родовищ досі досліджували переважно польовими (Рис. 3) або аеровисотними (Рис. 4) методами.

У червні 2016 року канадська фірма GHGSat запустила супутник, обладнання якого дозволяє виявляти точкові джерела забруднення приземного шару атмосфери метаном (очевидно і його гомологами) з великою роздільною здатністю в межах окремого промислового об'єкта. GHGSat використовує цей унікальний супутник та його запатентовану технологію для надання даних та послуг з моніторингу викидів парникових газів у будь-якому невеликому регіоні (населений пункт, нафтогазове родовище, нафтопереробне підприємство тощо) з точністю перших десятків метрів (Рис. 5).

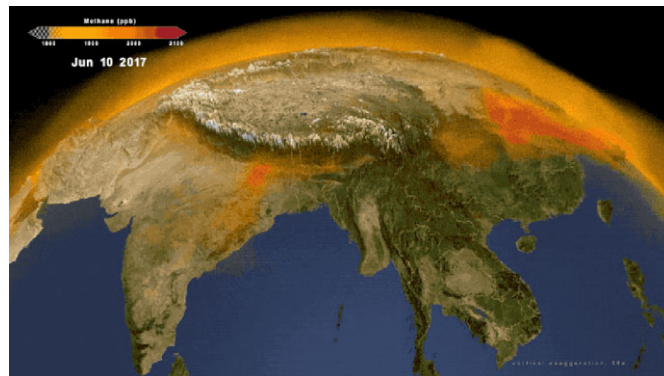


Рис. 2. Фрагмент глобальної 3D карти джерел метану, створеної NASA на базі даних супутників GOSAT (Ibuki) та Sentinel-5P (<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/new-3d-view-of-methane-tracks-sources-and-movement-around-the-globe>)



Рис. 3. Польові дослідження еманцій нафтових газів з устя покинутих свердловин в м. Борислав, 2004 р. Свердловина Stateland 4. (Виявлення..., 2004)



Рис. 4. Забруднення нафтою акваторії Чорного моря неподалік Одеси внаслідок аварії танкера Delfi 27.11.2019 (аеровисотний знімок)(<https://imgur.com/gallery/Rmbwjfa>)

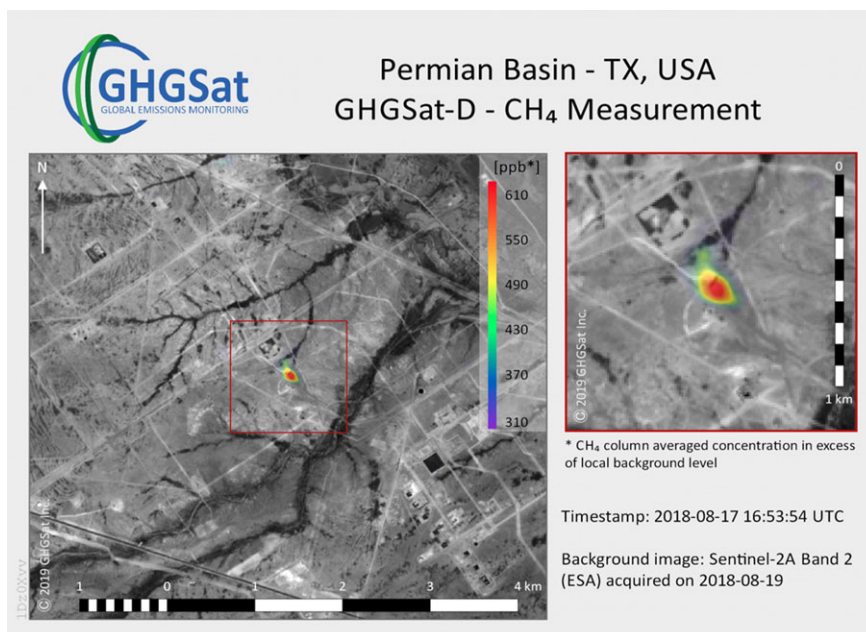


Рис. 5. Викиди метану у приземний шар атмосфери на одному з нафтогазових комплексів, що знаходиться у Пермському басейні (Техас, США), виявлені за допомогою супутника GHGSat-D (19.08.2018)

Супутник GHGSat-D (“Клер”) за декілька секунд знімає масив з більш ніж 200 000 вимірювань атмосфери навколо промислового об’єкта. Ці вимірювання обробляють для отримання зображень, що показують “теплову карту” концентрацій вуглеводневих газів на об’єкті (GHGSat Global Emissions Monitoring (<https://www.ghgsat.com>)).

У 2021 році Фондом захисту навколишнього середовища спільно з каліфорнійською компанією Planet Lab планується запуск новітнього супутника MethaneSAT, що буде відстежувати винятково викиди метану. Передбачається, що дані будуть настільки точними, що встановлюватимуть обсяги викидів на кожній окремій нафтовій платформі, чи будь-якому заводі.

Загалом за викидами парникових газів будуть спостерігати у найближчому майбутньому десятки комерційних спеціалізованих супутників.

Для моніторингу розвитку небезпечних процесів, пов’язаних з довготривалим видобутком вуглеводнів, разом з багатоспектральними космічними даними доцільно також використовувати дані супутників Sentinel-1, та радарні дані, отримані місією SRTM, ASTER 2000. Аналіз цифрових моделей місцевості (рельєфу) у моніторинговому режимі дозволяє виявляти просадки, ділянки підтоплення або засолення ґрунту, прогнозування шляхів міграції і місця акумуляції аварійних витоків нафти і нафтопродуктів.

Таким чином, сучасні супутникові дані дозволяють оперативно і достовірно визначати вуглеводневе забруднення складових довкілля, таких як: ґрунти, поверхневі води та приземне атмосферне повітря, а також контролювати розвиток небезпечних геологічних процесів, що розвиваються внаслідок видобування ВВ.

3. Визначення об’єктів та геологічних процесів що підлягають дистанційному екомоніторингу довкілля у межах родовищ ВВ

Аналіз чинників, що впливають на навколишнє середовище в результаті виробничої діяльності підприємств нафтогазового комплексу і можливості супутникових технологій,

дозволяють визначити головні об’єкти дистанційного екомоніторингу довкілля.

На Рис. 6 наведена модель основних об’єктів нафтогазового комплексу, що так або інакше впливають на екологічний стан довкілля. При цьому цифрами у кружках позначені об’єкти, вплив яких може бути досліджений за допомогою дистанційних (супутникових і аеровисотних) даних.

Головними об’єктами дистанційного моніторингу стану вуглеводневого забруднення геологічного середовища є:

1. Забруднення і порушення територій внаслідок геологопошукових і бурових робіт.
2. Забруднення територій вуглеводнями у процесі експлуатації газових і газоконденсатних родовищ, внаслідок порушення герметизації свердловин і аварійних викидів речовини.
3. Забруднення територій вуглеводнями у процесі експлуатації нафтових родовищ, внаслідок порушення герметизації свердловин і аварійних викидів нафти.
4. Викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря. Викиди діоксиду вуглецю (CO_2), викиди метану (CH_4), викиди оксиду азоту (N_2O), викиди парникових газів (CO_2 -екв).
5. Спалювання попутного газу.
6. Накопичення відходів переробки вуглеводнів.
7. Утилізація і поводженням з відходами, що не підлягають утилізації.
8. Забруднення поверхневих вод нафтопродуктами.
9. Можливі витoki вуглеводнів в місцях зберігання (підземних сховищах).
10. Аварійні викиди ВВ при порушенні герметичності трубопроводів.

До небезпечних геологічних процесів, що можуть досліджуватись за допомогою супутникового моніторингу слід віднести:

1. Розвиток просядок над виробленими пластами.
2. Процеси підтоплення і затоплення територій видобутку підземними водами.
3. Міграція забруднюючих речовин вздовж тектонічно ослаблених зон і зон підвищеної тріщинуватості горних порід, що фіксуються на матеріалах ДЗЗ.



Рис. 6. Вплив виробничої діяльності підприємств нафтогазового комплексу на навколишнє середовище (за матеріалами звіту групи НАФТОГАЗ за 2018 р.). Пояснення в тексті

4. Міграція і акумуляція виливів нафтопродуктів на основі аналізу цифрових моделей місцевості (рельєфу), побудованих за даними космічної і аеровисотної (БПЛА) зйомки.

Ще одне завдання, що також вирішується за допомогою ДЗЗ — це контроль за якістю рекультивації земель, порушених гірничодобувними роботами, аварійними виливами нафти і нафтопродуктів тощо.

4. Методико-технологічна схема дистанційного моніторингу довкілля на об'єктах нафтогазового комплексу

На основі багаторічного досвіду впровадження супутникових даних при геоecологічних дослідженнях і визначення головних об'єктів дистанційного екомоніторингу нафтогазового комплексу, розроблена і пропонується для впровадження багатоступенева методико-технологічна схема послідовного виконання операцій і видів досліджень, яка представлена на Рис 7.

Супутниковий моніторинг складається з 4-х етапів (блоків), яким притаманні певні види робіт. На першому, попередньому етапі, визначаються конкретні об'єкти дистанційного моніторингу, формується база супутникових і тематичних даних, закладаються основи майбутньої тематичної ГІС. Всі зібрані матеріали приводяться до єдиних картографічних параметрів та, по-можливості, векторизуються. На другому етапі ведеться власне виявлення (дешифрування) забруднених вуглеводнями об'єктів і територій. Комплекс робіт включає візуальне та напівавтоматичне, інтерактивне дешифрування ареалів забруднення на основі спектральних даних космічного і аеровисотного знімання. Аналіз геологічної будови і характеристик рельєфу в місцях забруднення з метою прогнозування можливих шляхів міграції і акумуляції ВВ. Досліджується можливість розвитку небезпечних геологічних процесів. Закінчується етап попередньою оцінкою ступеню забруднення території ВВ і розвитку небезпечних геологічних процесів.

На наступному, третьому етапі, проводиться комплекс польових робіт з метою валідації методики досліджень і верифікації отриманих даних за допомогою наземних вимірів. Визначається якість рекультивації забруднених земель, якщо вона проводилась. Завершується етап корегуванням методи-

ки досліджень і внесенням змін до попередніх картографічних моделей.

На четвертому, заключному етапі, на основі аналізу всієї отриманої інформації проводиться оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій і прогнозуються можливі наслідки. Для моніторингу стану вуглеводневого забруднення формується тематична ГІС, яка наповнюється даними на певний часовий зріз та досліджується динаміка розвитку небезпечних геологічних процесів. Оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій, на нашу думку, є вельми важливим завданням, тому розглянемо це питання детальніше

5. Оцінка ризиків виникнення небезпечних ситуацій на ділянках довготривалого видобутку ВВ за даними ДЗЗ

Природне середовище забруднюється під час звичайної рутинної експлуатації об'єктів та механізмів нафтогазового комплексу. Але під час аварій наслідки, звичайно, набагато більші значущі. Залпові викиди нафтопродуктів, пожежі призводять до забруднення великих територій, гальмують процес самовідновлювання екосистем.

Однак багаторічна експлуатація родовищ, транспортування та переробка вуглеводнів завдає не меншої шкоди довкіллю. Порушення технологічної і виробничої дисципліни, не точно розраховані нормативи гранично допустимих викидів, застаріле обладнання, постійне забруднення навколишнього середовища впродовж тривалого часу призводить до перевищення меж самоочищення природних компонентів, наслідком якого буде поступова деградація екосистем (Ляпенко, 2010).

На сьогоднішній день переважна більшість геологів визнає провідну роль тектонічних розломів як каналів міграції вуглеводнів. Традиційно вважається, що утворення вуглеводнів, їх міграція, формування покладів — це надзвичайно довгий процес, який розтягується на десятки, можливо, і сотні мільйонів років а нафтогазові родовища були сформовані у певний минулий геологічний період. Тобто, родовища нафти та газу, на сьогодні, вже є раз і назавжди сформованими, нові поклади не утворюються, а існуючі не поповнюються.

Останніми десятиліттями все більше геологів-нафтовиків

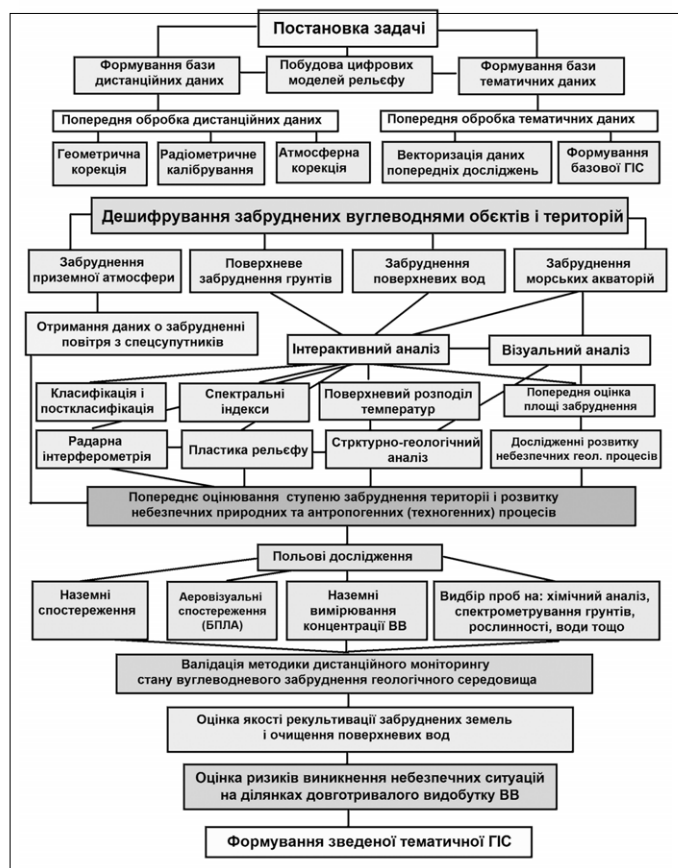


Рис. 7. Методико-технологічна схема дистанційного моніторингу стану вуглеводневого забруднення геологічного середовища

почали піддавати сумніву ці, здавалося б, непохитні погляди. Так, наприклад, ціла низка дослідників з цієї галузі, серед яких є досить відомі особистості (Агафонов, 2019; Аширов та ін., 2000; Баренбаум, 2019; Вдовиченко, 2018; Вдовиченко та ін., 2019; Гаврилов, 2008; Гаврилов, Скарятин, 2004; Гожик та ін., 2019; Дьяконов, 1998; Запывалов, 2000; Касьянова, 2010; Вивчення можливості..., 2009; Коваль, Чепіль, 2009; Корнева, 1999; Муслимов, Плотникова, 2018; 2019; Муслимов, 2019; Мычак, Филиппович, 2010; Скарятин, Макарова, 2002; Смирнова, 1999; Созанський та ін., 2007; Соколов, Гусева, 1993 та ін.), висловлюють думку про відновлюваність запасів нафти і газу у існуючих (відомих) вуглеводневих пастках, причому швидкість цього явища, як вважають вони, визначається першими десятиками років, і навіть роками, тобто процеси міграції вуглеводнів при певних, геофлюїдодинамічних умовах мають досить невеликі часові терміни. Свідченням таких явищ є, наприклад, дослідження В. П. Гаврилова і В. Д. Скарятіна (Гаврилов, Скарятин, 2004), які в Терсько-Сунженській області визначили швидкість вертикальної міграції вуглеводнів з верхньокрейдяних вапняків через майкопські глини в піщано-глинисту продуктивну товщу неогену в декілька сотень метрів за рік, або близько 1 метра на добу. Відомо, що перші свердловини в цьому регіоні (зокрема, у м. Грозному) були пробурені в місцях природних нафтопроявів ще у 1893 році. За півстоліття експлуатації неогенових піщано-глинистих відкладів тут було видобуто близько 100 млн т нафти, внаслідок чого поклад був виснажений, свердловини, що фонтанували, були переведені в режим насосних, а дрібні малодобітні були законсервовані шляхом цементації. Сьогодні, лише через 100–150 років з часу консервації свердловин у верхньокрейдя-

них покладах починають відновлюватись пластові тиски, вирівнюються водонафтові контакти, а відсоток води у ряді експлуатаційних свердловин істотно знижується. В той же час перші неглибокі (до сотень метрів) свердловини, що експлуатували неогенові пісковики, стали проявляти нафтою на денну поверхню через позатрубний простір.

Аналогічні явища відбуваються сьогодні і на територіях давнього нафтогазовидобутку України, на теренах Передкарпаття, зокрема в межах його нафтової “перлини” — Борислава.

Ще у 20-х роках ХХ століття німецький підприємець і політик доктор Альфред Пфафф (Pfaff, 1926) — тодішній директор Бориславського промислу, звернув увагу на те, що фактична кількість видобутої нафти з бориславського пісковика є значно більшою, ніж може вмістити його об’єм. Згодом, М. Р. Ладиженський у 1955 р. підрахував, що загальний об’єм нафти з Бориславського родовища повинен складати близько 4 500 000 куб. м. нафти. Станом на 1955 рік з бориславського пісковика було видобуто 12 000 000 т нафти, що суттєво перевищує попередню цифру (Ладиженський, 1955).

Жовтень 1992 року знаменувався видобутком в Прикарпатті стомільйонної тонни нафти, зокрема у Бориславському нафтопромисловому районі — 42.8 млн тонн нафти, 261 тис. тонн газового конденсату та 18 млрд кубометрів газу, який завжди видобувається попутно з нафтою (<http://www.eia.menr.gov.ua/uploads/documents/613/reports/a84dc3c387bc97a203cf9ebc6b5ee115.pdf>).

Отже, поклади Бориславської складки, не дивлячись на постійну інтенсивну експлуатацію протягом більш як 100 років, ще досі не вичерпані, оскільки поповнюються завдяки латеральної і вертикальної міграції нафтового флюїду.

Шляхами такого поповнення є, перш за все, розривні порушення, зони тріщинуватості. Причому, чим вищий ранг таких диз'юнктивів, тим більша ймовірність їхніх зв'язків з нафтогазогенеруючими товщами.

Про зв'язок родовищ з глибинними розломами сьогодні накопичена величезна кількість свідчень і, зокрема, про те, що нафтові родовища тісно пов'язані розломами фундаменту. Природу таких флюїдопровідних розломів пояснити сьогодні ще досить важко, але вважаючи, що латеральна міграція нафти і газу є значною, поклади можуть формуватись і поповнюватись швидко і безпосередньо неподалік від нафтогазопровідного каналу. Якщо ж в цій зоні відсутні структурні умови формування пастки, то на поверхні можуть утворюватись поклади озокериту, бітумні поля. Останнє може свідчити не про те, що родовище було сформовано і поступово зруйнувалось, а про те, що десь тут неподалік існує нафтогазопідвідний канал (Рис. 8).

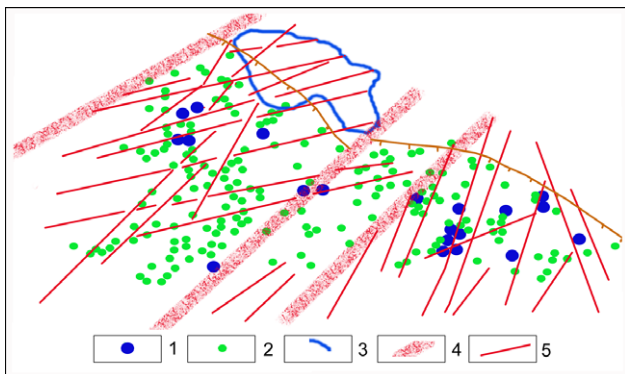


Рис. 8. Бориславське нафтогазове родовище. Схема інтегрального видобутку нафти з покладів бориславського пісковика. 1 — свердловини, у яких промислові притоки нафти отримано понад 100 тис. тонн; 2 — свердловини у яких промислові притоки нафти отримано менш ніж 10 тис. тонн; 3 — контури Бориславського родовища озокериту (Карпатська нафтогазоносна провінція, 2004); 4 — регіональні розривні порушення за даними дистанційного дослідження Землі; 5 — локальні розривні порушення за даними дистанційного дослідження Землі (Виявлення покинутих..., 2004)

Завдяки процесу відновлення покладу, в межах “перфорованої” Бориславської складки можуть виникнути нові зони забруднення ґрунтів та приземного шару атмосфери вуглеводнями, перш за все в межах розривних порушень.

Таким чином, на ділянках довготривалого видобутку нафти та газу ймовірність виникнення небезпечних ситуацій з часом не зменшується. І не тільки завдяки техногенній діяльності людини а й внаслідок природних процесів вертикальної міграції вуглеводнів до денної поверхні в зонах розущильнення земної кори.

При експлуатації об'єктів нафтогазового комплексу найбільшого збитку наносять аварії, пожежі та розливи нафтопродуктів. Отже, на таких територіях необхідно вести безперервний автоматичний контроль навколишнього середовища над видобуванням, зберіганням і транспортуванням нафтогазових продуктів використовуючи новітні технології, в тому числі оперативні дані, що постачають штучні супутники Землі. Вочевидь такі дані не дозволяють передбачити аварійні ситуації, але дозволяють контролювати і прогнозувати їхні наслідки, наприклад, оцінити масштаби аварійного розливу нафтопродуктів та зробити прогноз масштабів забруднення довкілля.

6. Огляд небезпечних ситуацій, внаслідок видобутку ВВ у м. Бориславі та рекомендації, щодо зменшення ризику їх виникнення

Екологічні проблеми є неминучим наслідком видобутку будь-яких корисних копалин. Територія м.Борислав, в межах якої відбувалась інтенсивна експлуатація озокериту та нафти наприкінці XIX–на початку XX століть, відноситься до місць, що мали катастрофічний рівень екологічного стану. На жаль, і на теперішній час, територія м. Борислав з околицями, залишається особливим, екологічно небезпечним регіоном (Кудряшов, Мичак, Філіпович, 2012).

У кінці XIX–початку XX століть у Бориславі налічувалось близько 20 тис. шурфів–колодязів глибиною до 100–200 метрів для видобутку озокериту та нафти, а нафтових свердловин — більше 2 тис. (Tołwiński, 1934–1937; Копач, 1998; Виявлення покинутих..., 2002, 2004) (Рис.9).

У той час, газ вважався фактором, який заважав видобувати нафту. Тому його у величезних кількостях випускали у повітря. Мешканці міста, робітники нафтопромислів, жили в умовах високої загазованості повітря. Нафтові свердловини, газопроводи, компресорні станції стали для них нібито природними елементами ландшафту. Екологічні проблеми, у вигляді пожеж, фонтануючих нафтою свердловин, розливів нафти були для них буденним явищем. Тут варто згадати про колосальну пожежу на свердловині “Ойл Сіті” у 1908 році.

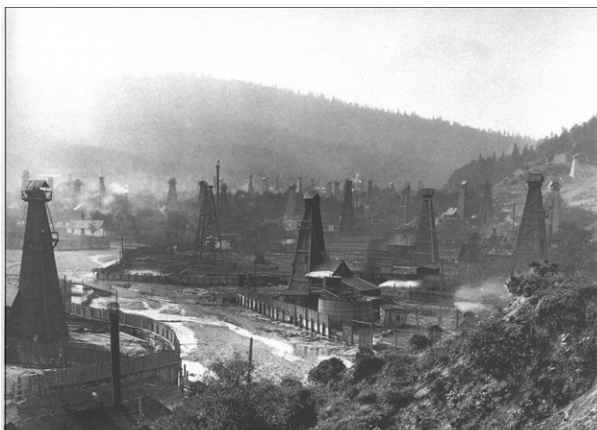
З її устя лише за першу добу після вскриття покладу було перекачано 1 400 тонн нафти, стільки ж було розлито по околицях. Потім нафта у величезних кількостях спливала містом по ярах до р. Тисьмениці і далі поза Стрий. Свердловина фонтанувала майже цілий місяць, виносячи 1 000–1 200 тонн продукції на добу, згодом від грозового розряду виникла величезна пожежа, яку було видно навіть з Самбору. Пожежа тривала 3 тижні (Tołwiński, 1934) (Рис. 10).

Наприкінці 30-х років минулого століття видобуток озокериту та нафти з шурфів–колодязів та невеликих шахт припинився і ці гірничі виробки були абиак ліквідовані, або просто покинуті. Сьогодні, значна частина цих засипаних, покинутих невеликих шахт, шурфів–колодязів є джерелами витоку на денну поверхню природного газу.

Безумовно, така інтенсивна експлуатація геологічного середовища, залишила свій, як ми нині називаємо, екологічний слід або наслідки, на багато десятиків наступних років. Адже, під час проходки шурфів, шахтних стволів, горизонтальних гірничих виробок на поверхню було винесено величезні об'єми породи, утворено широко розгалужену мережу підземних пустот. З часом, такі гірничі виробки було ліквідовано шляхом простого закидання стволів будь-яким підручним матеріалом, часто-густо їх просто залишали у такому вигляді як вони були. Підземні пустоти заповнювались водою, абсорбували, акумулювали вуглеводні, що рухались шляхами міграції з більш глибоких горизонтів і ставали активними джерелами газових еманцій у приземні шари атмосфери міста. Окрім того, геологічне середовище ділянок видобутку озокериту зазнавало деформаційних змін, зокрема просідань, адже кількість породи, що виносилась на поверхню вимірюється тисячами куб. м. Так, за результатами геологічних спостережень над Бориславським озокеритовим родовищем опускання денної поверхні в межах шахти становило 50–65 метрів (Tołwiński, 1934–1937) і такі деформації продовжуються донині.

Отже, площа давніх озокеритових розробок, представляє собою потенційну небезпеку для мешканців міста (Рис. 11).

Окрім того міське довкілля забруднюють недіючі старі свердловини негерметичної конструкції (Рис. 12).



BORYSLAW - największe zagłębie woskowe i naftowe w Galicji.

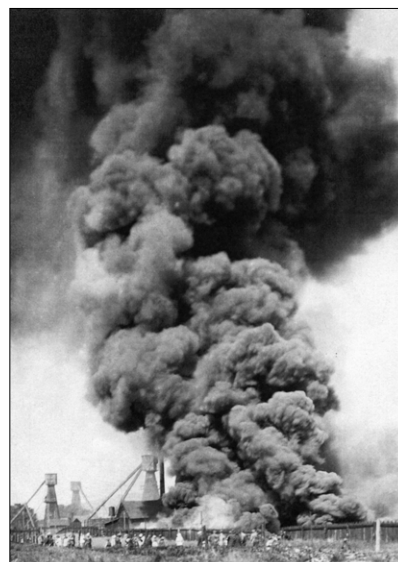
Рис.9. Борислав. Поштова листівка з початку XX століття

За результатами наших досліджень виявлено, що майже вся територія приземного шару атмосфери міста є загазованою, тобто концентрація метану та його гомологів у повітрі, яким дихають мешканці, значно перевищує всесвітні фонові значення (1.8 ppm). Загальна площа забруднення за нашими даними становить біля 20 кв. км. На території міста виявлено 20 ділянок, де постійний приток газів з надр підмішується у повітря, яким дихають мешканці міста, накопичується у підвалах, під фундаментами будинків, створюючи вибухонебезпечні суміші (Рис. 13).

На основі аналізу отриманих даних, і враховуючи сьогоденні екологічні реалії, пропонуємо наступні шляхи мінімізації загазованості (мінімізації виникнення ризиків надзвичайних ситуацій) території м. Борислав:

1. Створення системи моніторингового контролю за станом забруднення приземних шарів атмосфери м. Борислав газоподібними вуглеводнями. При цьому, основна увага має надаватись:

- площі відпрацьованого родовища озокериту,

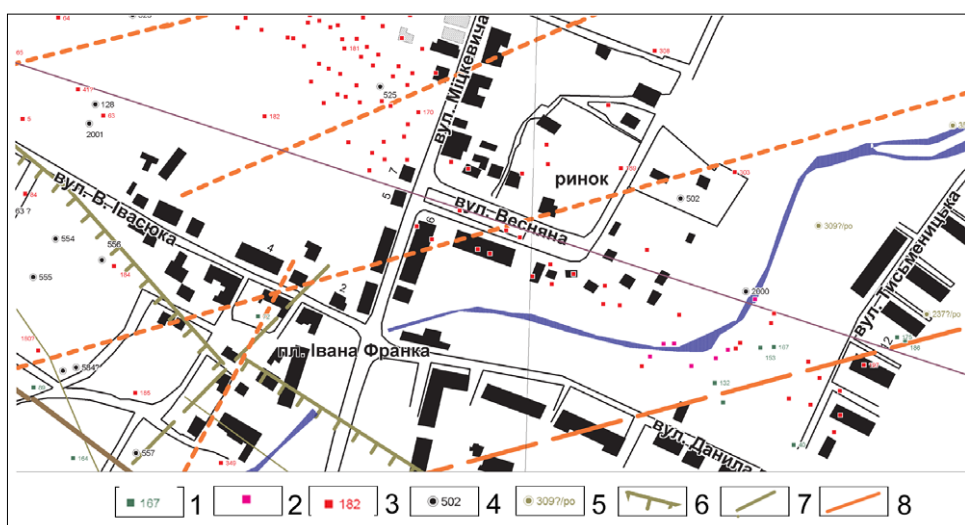
**Рис. 10.** Пожежа на свердловині “Ойл Сіті” у 1908 році

- шурфам, свердловинам,
- каналізаційним системам,
- підвалам житлових та промислових будинків,
- колодязям,
- трубопровідним системам.

2. Проведення горизонтальних свердловин у нафтогазових товщах Бориславської складки. Удосконалення газовакуумної системи. Даний напрямок має базуватись на основі:

- аналізу даних моніторингу за станом геологічного середовища та атмосфери,
- результатів експлуатаційного буріння,
- історичних геологічних матеріалів,
- результатів науково-виробничих досліджень,
- використання найсучасніших технологій буріння і видобутку вуглеводнів.

3. Подальші геологічні дослідження Бориславського ре-

**Рис.11.** Фрагмент Карти шурфів-колодязів та свердловин на території м. Борислав (Виявлення..., 2004)

1 — шурфи-колодязі ліквідовані, облаштовані дегазаційною обв'язкою, 2 — шурфи-колодязі не облаштовані дегазаційною обв'язкою, 3 — шурфи колодязі поховані під антропогенними відкладами та будинками, 4 — свердловини нафтові діючі, ліквідовані, покинуті, 5 — свердловини розвідувальні на озокерит (ліквідовані та покинуті), 6 — насуви (за геологічними даними), 7 — скидо-зсуви за геологічними даними, 8 — лінійні зони підвищеної тріщинуватості за даними дешифрування космічних знімків



Рис. 12. Старі недіючі, покинуті свердловини — джерела забруднення довкілля вуглеводнями (на цих знімках зафіксовано лише кілька відсотків таких об'єктів)

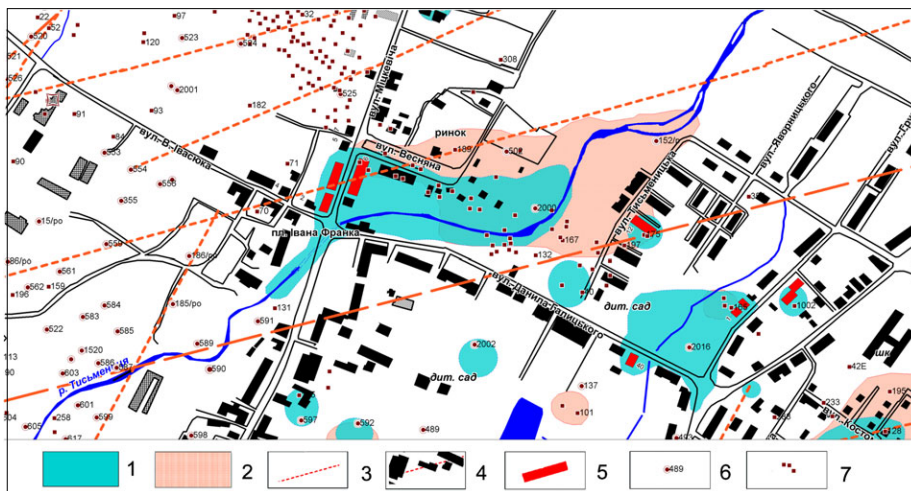


Рис. 13. Фрагмент Карти шурфів-колодязів та свердловин на території м. Борислав (Виявлення..., 2002).

Ареали підвищеної концентрації газоподібних вуглеводнів у приземному шарі атмосфери: 1 — більш як 500 ppm; 2 — 200–500 ppm; 3 — тектонічні порушення за даними дешифрування космічних знімків; 4 — будинки; 5 — будинки, які знаходяться у ризикованих умовах, 6 — свердловини діючі та ліквідовані, 7 — шурфи-колодязі ліквідовані (вказано номер) та покинуті

гіону з метою виявлення каналів інтенсивної міграції вуглеводнів до денної поверхні на основі сучасних методів дослідження (зокрема 3D сейсмозв'язки і ДЗЗ).

Виявлення досі невідомих глибинних покладів нафти і газу, інтенсивна експлуатація, а також сучасні дані моніторингу загазованості дозволять мінімізувати проблему негативного впливу на довкілля нафтогазових сумішей у м. Борислав.

Висновки

1. Сучасні технології та методичні прийоми дистанційного зондування Землі дозволяють оперативно виявляти та прогнозувати шкідливі для екологічного стану природні та техногенні явища, виникнення яких пов'язано із видобутком вуглеводнів (особливо територій тривалого нафтогазовидобутку) на регіональному та детальному рівнях.

2. Розроблено багатоступеневу методико-технологічну схему дистанційного екомоніторингу довкілля на об'єктах нафтогазового комплексу з вивчення вуглеводневого забруднення геологічного середовища і приземних товщ атмосфери.

3. До переліку завдань, що можуть бути вирішені за допомогою даних ДЗЗ відносять контроль забруднення геологічного середовища і атмосфери вуглеводнями на різних стадіях діяльності нафтогазового комплексу: від пошуку і експлуатації родовищ, до транспортування і переробки нафтопродуктів.

4. Дані ДЗЗ в першу чергу доцільно використовувати при дослідженнях розвитку таких небезпечних процесів:

- просядок над виробленими пластами;
- підтоплення і затоплення територій видобутку підземними водами;
- міграції забруднюючих речовин вздовж тектонічно ослаблених зон і зон підвищеної тріщинуватості гірських порід, що фіксуються на матеріалах ДЗЗ;
- міграції і акумуляції виливів нафтопродуктів на основі аналізу цифрової моделі місцевості (рельєфу), побудованої за даними космічної зйомки.

5. За даними ДЗЗ доцільно оперативно контролювати і прогнозувати наслідки аварій в межах НПЗ (наприклад, оцінювати масштаби аварійного розливу нафтопродуктів та прогнозувати ризики подальшого забруднення компонентів ландшафту).

6. У м. Борислав, продовжуються процеси вертикальної міграції вуглеводневих еманцій з глибинних геологічних верств до земної поверхні, шляхами “найменшого спротиву” — свердловинами, шахтами, шурфами-колодязями, а також у зонах неотектонічно активних “відкритих” розломів. Тому довкілля міста на ділянках нафтогазового та озокеритового родовищ є потенційно небезпечним через можливість виникнення надзвичайних ситуацій.

7. З метою мінімізації надзвичайних ситуацій у м. Борислав пропонується проведення робіт з подальшого виявлення нових глибинних покладів ВВ, постійний відбір продукції з покладів Бориславської складки, буріння горизонтальних свердловин, а також постійний моніторинг стану загазованості м. Борислав.

Література

- Агафонов А. И. Теоретическое и практическое обоснование возобновляемости запасов нефти и природного газа. Анализ современного состояния проблем происхождения нефти и газа. *Бурение и нефть*. № 1. 2019. URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2019-01/22>.
- Аширов К. Б., Боргест Т. М., Карев А. Л. Обоснование причин многократной восполнимости запасов нефти и газа на разрабатываемых месторождениях Самарской области. *Известия Самарского НЦ РАН*. 2000. Т. 2. № 1. С. 166–173.
- Баренбаум А. А. Новые представления о происхождении нефти и газа в связи с открытием явления пополнения запасов эксплуатируемых месторождений. *Георесурсы*. 2019. Т. 21. № 3. С. 34–39. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.34-39>.
- Бориславское озокеритовое месторождение. Отчет НИР / рук. В. Н. Иванов; Геоинформ. К., 1958. кн. I, т. I. 270 с. Инв. № 20248.
- Вдовиченко А. И. Перспективы реализации концепции интенсификации и оптимизации нефтегазодобычи с учетом естественных восстанавливающих процессов. Недропользование в Украине. Перспективы инвестирования. Материалы 5-й Международной научно-практической конференции: в 2 т. (8–12 октября 2018 г., г. Трускавец). Государственная комиссия Украины по запасам полезных ископаемых (ДКЗ). Киев. ДКЗ. 2018. Т. 2. С. 229–233.
- Вдовиченко А. И., Ермаков П. П., Ермаков Н. П. Формирование нового научного мировоззрения на основе учения о неисчерпаемости и безопасности глубинных углеводородных ресурсов. Форум гірників: матеріали міжнар. науково-тех. конф., 26–27 верес. 2019 р. Нац. техн. ун-т “Дніпровська політехніка”. Дніпро. Журфонт. 2019. С. 201–209.
- Вивчення можливості регенерації покладів вуглеводнів Східних та Західних нафтогазоносних регіонів України. Звіт про виконання робіт за договором № 4/17 від 22.04.2009 (заключний) / кер. Ю. З. Крупський; вик. А. М. Коваль [та ін.]; НВП ГЕОСВІТ. Київ, 2009. 286 с.
- Виявлення покинутих шурфів-колодязів та свердловин Бориславського нафтогазового родовища із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі: звіт про НТП (заключний) / кер. А. Г. Мичак; викон.: О. І. Кудряшов; ВАТ УКРНАФТА, БОРИСЛАВНАФТОГАЗ, ЦАКДЗ ІГН НАН України. К., 2002. 78 с.
- Виявлення покинутих шурфів-колодязів та свердловин Бориславського нафтогазового родовища із застосуванням матеріалів дистанційного зондування Землі: звіт про НТП (заключний) / кер. А. Г. Мичак; викон.: О. І. Кудряшов; ВАТ УКРНАФТА, БОРИСЛАВНАФТОГАЗ, ЦАКДЗ ІГН НАН України. К., 2004, 59 с.
- Гаврилов В. П. Возможные механизмы естественного восполнения запасов на нефтяных и газовых месторождениях. Геология Нефти и Газа. № 1. 2008. URL: <http://www.vipstd.ru/index.php/ru/01-2008/3681-ng-2008-01-8>.
- Гаврилов В. П., Скарятин В. Д. Геофлюидодинамика углеводородов и восполнение их запасов. Тез. II Межд. конф.: Геодинамика нефтегазоносных бассейнов, М.: РГУНГ, 2004. С. 31–34.
- Гожик П. Ф., Лукін О. Ю., Вдовиченко А. І, Петровський О. П., Коваль А. М. Нова теорія про відновлюваність, невичерпність і екологічність глибинних нафтогазових ресурсів. *Дзеркало тижня. Україна*. № 3. 26.01.2019. URL: https://zn.ua/energy_market/novaya-teoriya-o-vozobnovlenii-neischerpaemosti-i-ekologichnosti-glubinyh-neftegazovyh-resursov-306866_.html.
- Дьяконов А. И. О новой концепции образования залежей углеводородов и ведущей роли динамотектонических процессов в продолжительности формирования древних и молодых платформ (на примере Тимано-Печорского и Азово-Кубанского НГБ). II Межд. конф.: Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа, М.: МГУ, 1998. С. 67–68.
- Екологія та охорона довкілля. Річний звіт. Група Нафтогаз, 2018. С. 133–141. URL: <http://www.naftogaz.com/files/Zvity/Annual-Report-2018-ukr.pdf>.
- Запивалов Н. П. Флюидодинамические основы реабилитации нефтегазовых месторождений, оценка и возможность увеличения активных остаточных запасов. *Георесурсы*. 2000. Т. 3. № 4. С. 11–13.
- Звіт з оцінки впливу на довкілля планованої діяльності з видобування корисних копалин НГВУ БОРИСЛАВНАФТОГАЗ ПАТ УКРНАФТА на Бориславському нафтогазоконденсатному родовищі. Адаменко Я. О., Мандрик О. М., Хомин В. Р., Адаменко О. М., Архипова Л. М., Орфанова М. М., Кудельська Т. В., Караванович Х. Б. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2018. 306 с.
- Інформація про роботу нафтогазового комплексу України за грудень 2019 року. Міністерство енергетики та захисту довкілля України. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245435586&cat_id=245183246.
- Карпатська нафтогазоносна провінція / ред. В. В. Колодій. Львів–Київ. ТОВ “Український видавничий центр”, 2004. С. 150.
- Касьянова Н. А. Геофлюидодинамические доказательства современного восполнения запасов нефтегазовых залежей. *Геология, география и глобальная энергия*. 2010. Т. 3. № 38. С. 14–17.
- Клапчук В. Розвиток озокеритової галузі у Галичині XIX–XX ст. *Мандрівець*. 2012. № 4. С. 50–59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mandriv_2012_4_10.
- Коваль А. М., Чепіль П. М. Про відновлення покладів нафти і газу в Україні. *Буріння*. 2009. № 4. С. 33–37.
- Копач І. В. Екологічні проблеми на Бориславському нафтовому родовищі. Тез. доп. міжнар. наук.-техн. наради (Київ, 14–17 грудня 1998 р.). К., 1998. С. 9.
- Корнева И. В. Миграционные процессы в углеводородной системе молодых месторождений. III Межд. конф.: Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Нефтегазоносные бассейны как саморазвивающиеся нелинейные системы. М.: МГУ, 1999. С. 130–132.
- Корпоративний річний звіт з охорони довкілля 2019 рік. Група Нафтогаз. URL: <http://www.naftogaz.com/files/Activities/Grupa-Naftogaz-Oxorona-dovkillya-2019.pdf>.
- Корчагин В. И. Нефтеносность фундамента. Тез. Межд. конф.: Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ. Казань: КГУ, 2001. С. 39–42.
- Кудряшов О. І., Мичак А. Г., Філіпович В. Є. Бориславське нафтогазове родовище — ретроспектива та перспективи. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції “Стан, проблеми та перспективи нафтогазової промисловості України”. Борислав, 2012. С. 18–20.
- Ладыженский М. Р. Геология и газонефтеносность Советского Предкарпатья. К., 1955. 384 с.
- Лепенко А. О. Особливості негативного впливу нафтогазової промисловості на навколишнє середовище. *Вісник СумДУ. Серія економіка*. 2010. № 2. С. 41–47.

- Муслимов Р. Х., Плотникова И. Н. Учёт процессов переформирования нефтяных залежей при длительной эксплуатации и глубокой подпитки при моделировании разработки нефтяных месторождений. *Георесурсы*. 2018. Т. 20. № 3. С. 186–192. DOI <https://doi.org/10.18599/grs.2018.3.186-192>.
- Муслимов Р. Х., Плотникова И. Н. Восполнение нефтяных залежей в свете новой концепции нефтегазообразования. *Георесурсы*. Т. 21. № 4, С. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.40-48>.
- Муслимов Р. Х., Трофимов В. А., Плотникова И. Н., Ибатуллин Р. Р., Горюнов Е. Ю. Роль глубокой дегазации земли и кристаллического фундамента в формировании и естественном восполнении запасов нефтяных и газовых месторождений. Материалы Международной научно-практической конференции “Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента” 2–3 сентября 2019. Казань: Ихлас, 2019. С. 83–86.
- Мычак А. Г., Филиппович В. Е. Геодинамические аспекты флюидодинамики территорий длительной нефтегазодобычи. Дегазация земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды, нефть и газ; углеводороды и жизнь. М.: ПК ГЕОС, 2010. С. 373–378.
- Нафтогазова промисловість України в цифрах 2019: використання, видобуток, транспортування. URL: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/74B2346ABA0C69C22570D80031A365?OpenDocument>.
- Скарятин В. Д., Макарова М. Г. Геофлюидодинамика углеводородов и восполнение залежей. *Геодинамика нефтегазоносных бассейнов*. М.: РГУНГ, 2002. С. 213–219.
- Смирнова М. Н. Возможность современного формирования залежей нефти и газа. Тез. IV Межд. конф.: Новые идеи в науках о Земле. М.: МГТА, 1999. Т. 1. С. 272.
- Созанский В. И., Чепиль П. М., Кенни Дж. Ф. О неисчерпаемости мировых запасов нефти и газа. Тез. док. I Межд. научн. – прак. конф.: *Мировые ресурсы и запасы газа и перспективные технологии их освоения*. Москва, 26–27 ноября 2007 года. Москва, 2007. С. 66–68.
- Соколов Б. А., Гусева А. Н. О возможности быстрой современной генерации нефти и газа. *Вестник МГУ. Сер. геол.* 1993. № 3. С. 48–56.
- Стан запасів корисних копалин на 01.01.2019. Мінеральні ресурси України. URL: <http://minerals-ua.info/stan-zapasiv.php>.
- Pfaff A. Die Lagerstätten im Erdölbecken von Boryslaw. Wien–Berlin 1926.
- Tołwiński K. Kopalnie ropy i gazów ziemnych w Polsce. Borysław. T. II, Warszawa–Borysław–Łwów. 1934–1937. 381 s.
- D'yakonov, A. I. (1998). On the new concept of the formation of hydrocarbon deposits and the leading role of dynamotectonic processes in the duration of the formation of ancient and young platforms (on the example of the Timan-Pechora and Azov-Kuban NGB). *New Ideas in Geology and Geochemistry of Oil and Gas*. Materials of the II International Conference: New ideas in Earth sciences. Moscow. Moscow State University. (in Russian).
- Ecology and Environment Protection. Naftogaz Group. Annual Report. (2018). 133–141. Retrieved from: <http://www.naftogaz.com/files/Zvity/Annual-Report-2018-engl.pdf>.
- Gavrilov, V. P. (2008). Possible mechanisms of natural replenishment of reserves in oil and gas fields. *Geologiya Nefti i Gaza*, 1. (in Russian). Retrieved from: <http://www.vipst.ru/index.php/ru/01-2008/3681-gng-2008-01-8>.
- Gavrilov, V. P., Skaryatin, V. D. (2004). Geofluid dynamics of hydrocarbons and replenishment of their reserves. Second international conference: Geodynamics of oil and gas-basin pools. October 19-21, 2004. Moscow, RSUOG. 31–34. (in Russian).
- GHGSat Global Emissions Monitoring. Retrieved from: <https://www.ghgsat.com/>.
- Gozhik, P. F., Lukin, O. Yu., Vdovichenko, A. I., Petrovsky, O. P., Koval, A. M. (2019). A new theory about recovery, non-availability and environmental protection of clay oil and gas resources. *Dzerkalo tyzhnya*. Ukraine, 3. 01/26/2019. (in Ukrainian). Retrieved from: https://zn.ua/energy_market/novaya-teoriya-o-vozobnovlenii-neischerpaemosti-i-ekologichnosti-glubinyh-neftegazovyh-resursov-306866_.html.
- Ivanov, V. N. (1958). Boryslavskoe ozokerite deposit. Report of research, K., Geoinform. No. 20248. (in Russian). Unpublished resource.
- Information about the operation of Ukraine's oil and gas complex for December 2019. Ministry of energy and environment protection of Ukraine. (in Ukrainian). Retrieved from: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245435586&cat_id=245183246.
- Kas'yanova, N. A. (2010). Geofluidodynamic evidence of modern replenishment of reserves of oil and gas deposits. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya*, 3 (38). 14–16. (in Russian).
- Kolodiy, V. V. Carpathian oil and gas province (Eds). (2004). Lviv–Kyiv: TOV Ukrainskyj vydavnychj centr. P. 150. (in Ukrainian).
- Klapchuk, V. (2012). Development of the ozokerite industry in Galicia in the XIX–XX centuries. *Mandrivej*, 4. 50–59. (in Ukrainian). Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mandrivej_2012_4_10.
- Koval, A. M., Krupsky, Yu. Z., Oksyonenko. (2009). Study of the possibility of regeneration of hydrocarbon deposits in the Eastern and Western oil and gas regions of Ukraine. Report on the implementation of works under the contract № 4/17 dated 22.04.2009 (final). Kyiv: SPE Geosvit. (in Ukrainian).
- Koval, A M, Chepil, P M (2009). On the recovery of oil and gas deposits in Ukraine. *Burinnja*. 4. 33–37. (in Ukrainian).
- Kopach, I V (1998). Ecological problems at the Boryslav oil field. Abstracts international scientific and technical meetings (Kyiv, December 14–17, 1998). Kyiv. P. 9 (in Ukrainian).
- Korneva, I. V. (1999). Migration processes in the hydrocarbon system of young deposits. III Int. Conf.: New ideas in the geology and geochemistry of oil and gas. Oil and gas basins as self-developing nonlinear systems, Moscow: Moscow State University. P. 130–132. (in Russian).
- Corporate annual report on environmental protection. (2019). Naftogaz Group. (in Ukrainian). Retrieved from: <http://www.naftogaz.com/files/Activities/Grupa-Naftogaz-Oxorona-dovkillya-2019.pdf>.
- Korchagin, V. I. (2001). Oil bearing capacity of the foundation. Thesis Int. conf.: Forecast of oil and gas potential of the foundation of young and ancient platforms. Kazan: KSU. P. 39–42. (in Russian).
- Kudryashov, O. I., Mychak, A. G., Filipovych, V. E. (2012). Boryslav oil and gas field — retrospective and prospects. Abstracts of reports of the International scientific-practical conference: State, problems and

References

- Adamenko, Ya. O., Mandryk, O. M., Khomin, V. R., Adamenko, O. M., Arkhipova, L. M., Orfanova, M. M., Kudelska, T. V., Karavanovych, H. B. (2018). Environmental impact assessment report of the planned mining activity of OGPD BORYSLAVNAFTOGAZ PJSC UKRNAFTA at the Boryslav oil and gas condensate field. Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk. (in Ukrainian). Unpublished resource.
- Agafonov, A. I. (2019). Theoretical and practical rationale for the renewability of oil and natural gas reserves. Analysis of the current state of the problems of the origin of oil and gas. *Burenie i nef*, 1. (in Russian). Retrieved from: <https://burneft.ru/archive/issues/2019-01/22>.
- Ashirov, K. B., Borgest, T. M., Karev, A. L. (2000). The reasons of repeated many times gas and oil restocking at the fields being exploited in the Samara region. *Izvestiya Samarского NTs RAN*, 2 (1), P. 166–173. (in Russian).
- Barenbaum, A. A. (2019). New representations on oil and gas origin in connection with the opening of the phenomenon of replenishment reserves in exploited oil fields. *Georesursy*, 21 (4). 34–39. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.34-39>.
- Carpathian oil and gas province

- prospects of the oil and gas industry of Ukraine. Boryslav. P.18–20. (in Ukrainian).
- Ladyzhensky, M. R. (1955). Geology and gas and oil potential of the Soviet Precarpathians. Kyiv. (in Russian).
- Lapenko, A. A. (2010). Features of the negative impact of the oil and gas industry on the environment. *Visnyk SumDU. Serija ekonomika*, 2, 41–47. (in Ukrainian).
- Mychak, A. G., Kudryashov, O. I. (2002). Detection of abandoned pits-wells and wells of Boryslav oil and gas field with the use of Earth's remote sensing materials. Report on STP. OJSC UKRNAFTA, BORISLAVNAFTOGAZ, CASRE IGS NAS of Ukraine. Kyiv. (in Ukrainian). Unpublished resource.
- Mychak, A. G., Kudryashov, O. I. (2004). Detection of abandoned pits-wells and wells in Boryslav with the use of Earth's remote sensing materials. Report on STP. OJSC UKRNAFTA, BORISLAVNAFTOGAZ, CASRE IGS NAS of Ukraine. Kyiv. (in Ukrainian). Unpublished resource.
- Muslimov, R. Kh., Plotnikova, I. N. (2018). Consideration of the processes of oil deposit reformation during long-term operation and deep feeding in modeling the development of oil fields. *Georesursy*, 20 (3). 186–192. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2018.3>.
- Muslimov, R. Kh., Plotnikova, I. N. (2019). Replenishment of oil deposits from the position of a new concept of oil and gas formation. *Georesursy*, 21 (4). 40–48. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.4.40-48>.
- Muslimov, R. Kh., Trofimov, V. A., Plotnikova, I. N., Ibatullin, R. R., Goryunov, E. Yu. (2019). The role of deep degassing of the earth and the crystalline basement in the formation and natural replenishment of oil and gas fields. Materials of the International Scientific and Practical Conference: Hydrocarbon and Mineral Raw Potential of the Crystalline Basement. September 2–3, 2019, Kazan: Ihlas Publishing House. 83–86. (in Russian).
- Mychak, A. G., Filipovych, V. E. (2010). Geodynamic aspects of fluid dynamics of territories of long oil and gas production. *Earth Degassing: Geotectonics, Geodynamics, Geofluids; Oil and Gas; Hydrocarbons and Life*. M.: PK GEOS. 373–378. (in Russian).
- Oil and Gas Industry of Ukraine, figures. (2019): consumption, production, transportation.. Retrieved from: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweben.nsf/0/74B2346ABA0CBC69C22570D80031A365?>.
- Skaryatin, V. D., Makarova, M. G. (2002). Geofluid Dynamics of hydrocarbons and replenishment of deposits. The geodynamics of oil and gas basins. M.: RSUNG. 213–219. (in Russian).
- Smirnova, M. N. (1999). Possibility of modern formation of oil and gas deposits. Thes. IV Int. Conf.: New ideas in the sciences of the Earth, Moscow: MSGEA. 1, 272. (in Russian).
- Sozansky, V. I., Chepil, P. M., Kenny, J. F. (2007). On the inexhaustibility of world oil and gas reserves. Proc. doc 1 Int. scientific - pract. conf.: World gas resources and reserves and promising technologies for their development. Moscow, November 26–27, 2007. Moscow. 66–68. (in Russian).
- Sokolov, B. A., Guseva, A. N. (1993). About the possibility of fast modern generation of oil and gas. *Vestnik MGU. Ser. geol.*, 3. 48–56. (in Russian).
- The state of mineral reserves on 01.01.2019. Mineral resources of Ukraine. (in Ukrainian). Retrieved from: <http://minerals-ua.info/stanzapasiv.php>.
- Pfaff, A. (1926). Die Lagerstätten im Erdölbecken von Boryslaw. Wien–Berlin. (in German).
- Tołwiński, K. (1934–1937). Oil and gas mines in Poland. Boryslaw. Vol. II, Warsaw–Boryslaw–L'viv. (in Polish).
- Vdovichenko, A. I. (2018). Prospects of realization of conception of intensification and optimization extraction of oil and gas are taking into account of natural renovation processes. Fifth scientific-practical conference: Subsoil use in Ukraine. Prospects for investment. Ukraine, Truskavets, 8–12 October 2018. State Commission of Ukraine for Mineral Reserves (SCR) 2. 229–233. (in Russian).
- Vdovichenko, A. I., Ermakov, P. P., Ermakov, N. P. (2019). Forming a new scientific worldwide based on explainability and safety deep hydrocarbon resources. Forum of Mining Engineers: materials of the international scientific and technical conf., Sept. 26–27. 2019. National Technical University Dnipro Polytechnic. Dnipro. Journal Fund. 201–206. (in Russian).
- Zapivalov, N. P. (2000). Fluid dynamics foundations for the rehabilitation of oil and gas fields, assessment and the possibility of increasing active residual reserves. *Georesursy*, 3 (4). 11–13. (in Russian).

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ОЦЕНКА РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ В РАЙОНАХ ДЛИТЕЛЬНОЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ И КОМПАКТНОГО ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

В. Е. Филиппович, А. Г. Мычак, А. И. Кудряшов, Р. Н. Шевчук

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины”, ул. О. Гончара 55-Б, Киев, 01054, Украина

Приведены результаты анализа геоэкологических проблем территорий длительной добычи углеводородов. На основе анализа наземных и дистанционных исследований определены возможности космических данных при экомониторинге месторождений углеводородов. Предложена методико-технологическая схема оценки рисков нанесения вреда окружающей среде. Перечень задач, которые могут быть решены с помощью данных дистанционного зондирования Земли:

- контроль загрязнения окружающей среды углеводородами (нефтью, газом) на разных стадиях функционирования нефтегазового комплекса
- от поиска и эксплуатации месторождений, к транспортировке, хранения и переработки нефтепродуктов;
- подтопление и затопление территорий добычи нефти подземными водами;
- выявление, картографирование, полевые исследования, разрывных нарушений различного ранга, являются путями миграции нефти и газа в верхних слоях земной коры;
- выявление и картографирование техногенных источников загазованности приземного слоя атмосферы, а именно:
- негерметических скважин; нефте- и газопроводов;
- погребенных под современными отложениями, домами шурфов-колодцев, шахт.

Спутниковый мониторинг состоит из 4-х этапов. На первом, предварительном этапе определяются объекты дистанционного мониторинга, формируется база спутниковых и тематических данных, закладываются основы будущей тематической ГИС. На втором этапе ведется собственно обнаружения (дешифровки) загрязненных углеводородами объектов и территорий. На следующем, третьем этапе, проводится комплекс полевых работ с целью валидации методики исследований и верификации полученных данных с помощью наземных измерений. На четвертом, заключительном этапе, на основе анализа всей полученной информации проводится оценка рисков возникновения опасных ситуаций и прогнозируется возможные их последствия.

Рассмотрены возможности оценки риска возникновения опасных ситуаций в районах длительной добычи углеводородов. Описаны опасные ситуации, возникшие в результате добычи углеводородов в г. Борислав. Предложены рекомендации по уменьшению риска их возникновения.

Ключевые слова: космический мониторинг, добыча углеводородов, углеводородное загрязнение окружающей среды, оценка рисков возникновения опасных ситуаций

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

V. Ye. Filipovych, A. G. Mychak, O. I. Kudryashov, R. M. Shevchuk

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geology Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. 55-B O. Gonchar st, 01054 Kyiv, Ukraine

The results of the analysis of geoecological problems of territories of long-term hydrocarbon production are presented. Based on the analysis of ground-based and remote studies, the possibilities of space data were determined during the eco-monitoring of hydrocarbon deposits. A methodological and technological scheme for assessing the risks of harming the environment is proposed. The list of tasks that can be solved using Earth remote sensing data:

- control of environmental pollution by hydrocarbons (oil, gas) at different stages of the functioning of the oil and gas complex - from the search and exploitation of deposits, to the transportation, storage and processing of petroleum products;
- flooding and flooding of territories of oil production by underground waters;
- identification, mapping, field studies, discontinuous violations of various ranks, are ways of migration of oil and gas in the upper layers of the earth's crust;
- identification and mapping of technogenic sources of gas contamination of the surface layer of the atmosphere, namely:
 - non-geometrical wells, oil and gas pipelines;
 - buried under modern sediments, pit-well houses, mines.

Satellite monitoring consists of 4 stages. At the first, preliminary stage, objects of remote monitoring are determined, a base of satellite and thematic data is formed, the foundations of a future thematic GIS are laid. At the second stage, the actual detection (decryption) of objects and territories polluted with hydrocarbons is carried out. At the next, third stage, a set of field work is carried out in order to validate the research methodology and verify the data obtained using ground-based measurements.

At the fourth, final stage, based on an analysis of all the information received, an assessment of the risks of dangerous situations is carried out and their possible consequences are predicted.

The possibilities of assessing the risks of dangerous situations in areas of long-term hydrocarbon production according to remote sensing data are considered. A review of hazardous situations resulting from hydrocarbon production in the city of Borislav is given. Recommendations are proposed to reduce the risk of their occurrence.

Keywords: space monitoring, hydrocarbon production, hydrocarbon pollution, risk assessment of hazardous situations

Рукопис статті отримано 11.06.2020