



Державна служба
геології та надр
України



ДКЗ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут геологічних наук Національної академії наук України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Львівський національний університет імені Івана Франка

2024 

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

IX міжнародна науково-практична конференція

НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТУВАННЯ

7-11 жовтня 2024, м. Львів, Україна

IX international scientific-practical conference

SUBSOIL USE IN UKRAINE. PROSPECTS FOR INVESTMENT

7-11 october 2024, Lviv, Ukraine

АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ У ЗВ'ЯЗКУ З РОЗРОБКОЮ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Триснюк Т.В., к. техн. н., taras24t@gmail.com,

Шумейко В.О., к. техн. н., shum1983@ukr.net,

Волинець Т.В., аспірант, alhimiktv@ukr.net,

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору

В роботі обґрунтовано застосування ефективності роботи аерокосмічних технологій в системі екологічного моніторингу забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин. Вдосконалено наукові підходи та розроблення моделей екологічної оцінки, щодо застосування аерокосмічних засобів для моніторингу та оцінки екологічного стану ґрунтового покриву. Запропоновано методичний підхід, який ґрунтується на модифікованому методі комплексної оцінки рівня техногенної небезпеки промислових об'єктів.

Ключові слова: інформаційні технології, техногенна небезпека, ґрунтовий покрив, пилове забруднення, атмосферне повітря, технічні рішення, екологічна безпека, корисні копалини, забруднення територій.

AEROSPACE TECHNOLOGIES FOR ASSESSING CONTAMINATION OF TERRITORIES IN CONNECTION WITH THE DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES

Trysnyuk T.V., Cand. Sci. (Eng.) taras24t@gmail.com,

Shumeiko V.O., Cand. Sci. (Eng.) shum1983@ukr.net,

Volynets T.V., postgraduate, alhimiktv@ukr.net,

Institute of Telecommunications and Global Information Space

The work substantiates the application of the effectiveness of aerospace technologies in the system of ecological monitoring of territory pollution in connection with the development of minerals. Scientific approaches and the development of ecological assessment models have been improved, regarding the use of aerospace means for monitoring and assessing the ecological state of the soil cover. A methodical approach is proposed, which is based on a modified method of comprehensive assessment of the level of man-made danger of industrial facilities.

Key words: information technology, technogenic danger, soil cover, dust pollution, atmospheric air, technical solutions, environmental safety, minerals, pollution of territories.

Постановка проблеми. Розробка корисних копалин є важливою складовою економічного розвитку багатьох країн світу. Цей процес забезпечує сировинну базу для промисловості, сприяє створенню робочих місць і розвитку інфраструктури. Проте, видобування корисних копалин супроводжується значним впливом на навколишнє середовище, що викликає серйозні екологічні проблеми. Забруднення ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери, знищення біорізноманіття та деградація ландшафтів є основними наслідками діяльності гірничодобувної промисловості. В умовах сучасного зростання екологічної свідомості стає очевидним, що для сталого розвитку необхідно враховувати екологічні наслідки видобування корисних копалин і шукати шляхи мінімізації їхнього впливу. Дослідження оцінки забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин базуються на наукових принципах, що визначають складну систему управління екологічною безпекою в умовах посиленої дії джерел вторинного пилового забруднення атмосферного повітря. Для забезпечення екологічної безпеки в умовах високого рівня пилового забруднення, необхідно застосовувати та вдосконалювати відповідні моделі. Серед багатьох видів забруднення навколишнього середовища особливо небезпечним є пилове забруднення атмосферного повітря та осідання забруднень на ґрунті. Це забруднення може мати дві форми: пряме викидання забруднень від промислових підприємств (первинне) або формування вторинних забруднень через фізико-хімічні процеси у місцях зберігання пилоподібних відходів. Тонкодисперсні відходи після очищення повітря з розмірами менше 100 мкм є особливо небезпечними.

В сучасному екологічному моніторингу та визначенню оцінки забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин особливу увагу звертають на дистанційні методи, які допомагають ефективніше відслідковувати вплив людської діяльності та вирішувати

екологічні завдання. Використання безпілотних літальних апаратів (ДПЛА) є одним з таких методів, який має свої позитивні властивості.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз попередніх досліджень дозволяє констатувати, що роль вторинного пилового забруднення у формуванні екологічної небезпеки регіону вивчається науковцями: Адаменко Я.О., Архипова Л.М., Мандрик О.М, Машков О.М., Мальований М.С., Рудько Г.І., Трофимчук О.М. [1, 2], Триснюк В.М., Яковлева Є.О. та інші [3, 4].

Метою статті є розв'язання наукової проблеми удосконалення аерокосмічних методів для моніторингу та визначення оцінки забруднення територій у зв'язку з розробкою корисних копалин.

Об'єкт дослідження є інформаційні технології для комплексного моніторингу територій на основі аерокосмічних та контактних методів.

Виклад основного матеріалу.

Однією з головних екологічних проблем, пов'язаних з видобуванням корисних копалин, є забруднення ґрунтів. Гірничодобувна діяльність призводить до накопичення великих обсягів відходів, серед яких відвали порожньої породи та шлаків, які можуть містити токсичні речовини, зокрема важкі метали. В процесі видобування, особливо при відкритих методах, знищуються родючі шари ґрунту, що ускладнює або робить неможливим його подальше використання для сільського господарства чи інших цілей. Хімічне забруднення ґрунтів важкими металами, такими як свинець, кадмій, ртуть та мідь, є результатом діяльності гірничодобувних підприємств, особливо у випадках, коли вони недостатньо контролюють процеси вилучення та зберігання шкідливих речовин. Ці метали мають тривалий вплив на довкілля і можуть накопичуватися в харчових ланцюгах, загрожуючи здоров'ю людей та тварин. Забруднення ґрунту може виникати, як в результаті первинних викидів на промислових підприємствах, так і внаслідок фізико-хімічних процесів в місцях складування пилоподібних відходів виробництв, особливо тонкодисперсних відходів пилоочищення. Цей другорядний тип забруднення досить поширений, оскільки наразі відсутні ефективні технології для утилізації цих відходів. Неврахування вторинного забруднення ґрунтів при моніторингу стану екобезпеки може призвести до недооцінки внеску цього типу забруднення у загальну небезпеку для довкілля. В таких випадках важливо провести -оцінку впливу джерел забруднення ґрунтового покриву у формування рівня техногенної небезпеки, що зазвичай базується на показниках техногенної небезпеки, а саме, за формулою 1:

$$T = K_T \cdot K_{KM} \cdot K_p \cdot \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N K_{ui} \cdot a_i \cdot M_i}{N} \right\}, \quad (1)$$

- де T – показник техногенної небезпеки, внаслідок забруднення ґрунтів;
 K_T – коефіцієнт господарської регіональної діяльності;
 K_{KM} – коефіцієнт, від кількості громадян, які піддаються впливу забруднення;
 K_p – коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості;
 K_{ui} – коефіцієнт, який залежить від характеристик джерел викидів;
 a_i – показник викидів в атмосферу;
 M_i – річна маса інгредієнтів, що містяться у викидах в ґрунти, т/рік;
 N – кількість інгредієнтів.

Для оцінки змін, що відбуваються в екосистемах Карпатського регіону внаслідок техногенного забруднення атмосферного повітря пилом було створено базу геоданих. Ця база включає космічні знімки отримані з космічних апаратів Landsat 7 (вказано на рис. 1, 2), топографічні карти, а також цифрові моделі рельєфу з різною деталізацією [5].



Рис. 1. Космічний знімок Бурштинської ТЕС космічним апаратом Landsat 7 з роздільною здатністю 30 м від 10.05.2021 р.



Рис. 2. Космічний знімок Бурштинської ТЕС космічним апаратом Landsat 7 з роздільною здатністю 30 м від 20.07.2021 р.

Оскільки більшість техноприродних явищ та процесів є багатофакторними, врахувати ступінь впливу кожного фактора на формування явища неможливо. Тому для прогнозування екологічної небезпеки адекватним підходом є імовірнісний підхід, що базується на побудові моделей-інтерпретацій та моделей-екстраполяцій з використанням даних моніторингу, таких як ряди спостережень, та методів математичної статистики й теорії ймовірностей. Такий підхід дозволяє врахувати багатофакторність та невизначеність впливу окремих факторів на результат [6] (рис. 3).

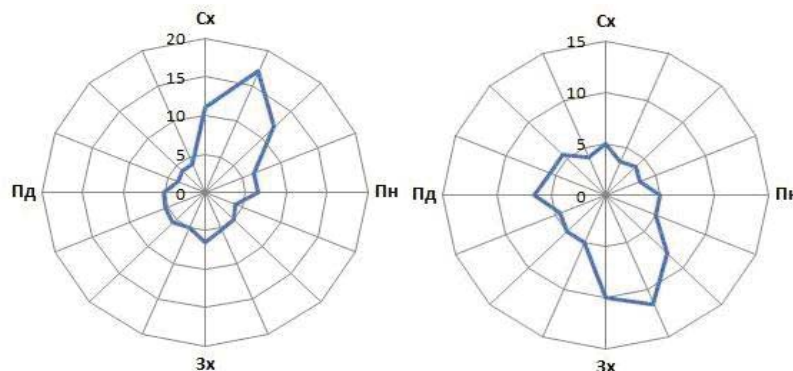


Рис. 3. Схема рози вітрів Бурштинської ТЭС

Роза вітрів та імовірнісний підхід до прогнозування екологічної небезпеки Бурштинської ТЭС пов'язані з багатофакторністю техноприродних явищ та процесів, що їх вони відображають.

Врахувати вплив кожного з факторів на формування явища неможливо, тому адекватним підходом є використання імовірнісного підходу. Цей підхід полягає у побудові

моделей-інтерпретацій та моделей-екстраполяцій на основі даних моніторингу та методів математичної статистики й теорії ймовірностей.

Роза вітрів, з свого боку, є інструментом для визначення напрямків поширення забруднення, які можуть бути використані для покращення прогнозування екологічної небезпеки від діяльності Бурштинської ТЕС.

У прогнозуванні максимальних екологічних характеристик, таких як рівні безпеки та забруднення, часто використовують математичну модель випадкової величини як простий та популярний імовірнісний підхід. Ця модель є найбільш ефективною. Сірчистий ангідрид, який міститься в атмосфері, може зреагувати з водою і перетворитися на кислоту, яка потім може випасти на землю разом з дощем. На даний момент викиди сірчистого ангідриду є найбільш гострою проблемою, оскільки вони перевищують європейські норми. Оксид вуглецю, з свого боку, змінює парниковий ефект. Гірничодобувна діяльність є джерелом значних викидів у атмосферу. Під час видобування, транспортування та переробки корисних копалин в атмосферу потрапляють пил, шкідливі гази (зокрема діоксид сірки, оксиди азоту) та леткі органічні сполуки. Пилове забруднення є одним із найбільш поширених видів забруднення повітря навколо видобувних об'єктів. Великі обсяги порожньої породи, перевезення руд, дроблення й обробка матеріалів призводять до утворення пилу, який осідає на прилеглих територіях. Цей пил може містити шкідливі хімічні елементи, які погіршують якість повітря та є небезпечними для здоров'я людей.

Забруднені ґрунти безпосередньо впливають на біорізноманіття, оскільки багато рослин і мікроорганізмів не можуть адаптуватися до підвищених концентрацій токсичних речовин. Це призводить до зниження чисельності видів, втрати біологічного різноманіття та руйнування екосистем, що може мати довгострокові наслідки для природних екосистем і сільськогосподарських територій.

Розробка корисних копалин також викликає значне забруднення водних ресурсів. Найбільш серйозними проблемами є: витік хімічних речовин у підземні води; забруднення поверхневих вод відходами та шкідливими речовинами; виснаження водоносних горизонтів через надмірне використання води для видобувних операцій.

Внаслідок видобування корисних копалин до річок та озер можуть потрапляти шкідливі речовини, такі як ртуть, миш'як, свинець та інші метали, які використовуються в процесах переробки руд. Це призводить до погіршення якості води, зменшення біорізноманіття водних екосистем, знищення рибних ресурсів та ризиків для здоров'я людей, які користуються цією водою.

Для оперативного виявлення, локалізації, ідентифікації й моніторингу техногенно-екологічного впливу забруднень на водні екосистеми та як наслідок життєдіяльність людини, є ефективний метод побудови багатокритеріальних картографічних моделей місцевості у комплексі з аналізом даних ДЗЗ, запропонований Г.Я. Красовським [3]. Метод дає змогу визначити ступінь комбінаторного впливу факторів, які спричиняють небезпечне явище. Контактні методи визначення територій, що знаходяться під впливом розвитку процесів ерозії, складаються з комплексу польових і камеральних робіт. Польові роботи полягають в обстеженні території, вимірюванні площ ареалів за допомогою GPS апаратури, відібранні проб хімічного складу ґрунту, камеральні – в обробленні польових даних і прогнозуванні подальшого розвитку цих процесів. Перевагою контактних методів є висока точність вимірів хімічного складу ґрунту та стану вегетації рослинності.

Однією з найсерйозніших загроз для водних ресурсів є кислотний дренаж шахт (КДС), який виникає під час окислення сульфідних мінералів на поверхні гірських порід. Коли ці породи взаємодіють з водою та киснем, утворюються сірчана кислота і розчинені метали, що потрапляють у водні системи. Це може значно погіршувати якість води, роблячи її непридатною для використання людиною і шкідливою для водних екосистем. Кислотний дренаж є довготривалою проблемою, оскільки процес утворення кислотних вод може продовжуватися протягом десятиліть після завершення видобування. Гірничодобувна промисловість сприяє глобальному потеплінню через викиди парникових газів, зокрема

діоксиду вуглецю (CO_2) і метану (CH_4). Видобування і транспортування вугілля, нафти, газу супроводжуються викидами парникових газів, що сприяє збільшенню концентрацій в атмосфері, підвищенню глобальних температур і зміні клімату. Однією з найпомітніших екологічних проблем, пов'язаних з видобуванням корисних копалин, є руйнування природних ландшафтів та порушення екосистем. Відкриті кар'єри, шахти та інші об'єкти видобування кардинально змінюють вигляд територій, що може мати серйозні наслідки для навколишньої природи. Розробка відкритих кар'єрів та облаштування інфраструктури для видобування призводить до втрати родючих земель, які більше не можуть використовуватися для сільського господарства. Це особливо актуально для регіонів з обмеженими земельними ресурсами. Видобування корисних копалин може знищувати природні місця існування тварин і рослин, сприяючи зникненню видів та порушенню екологічної рівноваги. Деякі види можуть повністю зникнути через втрату місць проживання або порушення екологічних ланцюгів. Екосистеми, що оточують об'єкти видобування, зазнають негативних змін через викиди забруднювачів, зміни ландшафтів і втручання у природні процеси. Втрата біорізноманіття є однією з найбільших екологічних проблем. Зниження чисельності видів, вимирання деяких рослин і тварин може призвести до довгострокової дестабілізації екосистем.

Окреслено, що методи ДЗЗ мають ряд особливостей (час зйомки, метеорологічні умови, тип апаратури, роздільна здатність знімку, тощо) у контексті визначення факторів впливу на відбиваючу властивість ґрунтів та рослинності і є доволі докладно обстеженими, однак основним їх недоліком є те що для впевненості у результатах обробки даних ДЗЗ необхідно мати хоч якусь апріорну інформацію про територію дослідження. В результаті збору, обробки та аналізу польових та лабораторних даних по кожній ділянці розраховуються забруднення ґрунтів. Побудова цифрових моделей місцевості та створення картографічних моделей схилів поверхні у поєднанні з метеорологічними даними дозволяє визначити вплив сільськогосподарських земель на водну екосистему та забруднення ґрунтів. Таким чином була сформована структурна схема проведення моніторингу та оцінки впливу сільськогосподарських процесів на екологічну безпеку територій [7].

За даними ДЗЗ проводиться аналіз рельєфу місцевості та здійснюється ретроспективний моніторинг використання земель для ведення сільськогосподарського виробництва. Використання безпілотних засобів має багато переваг, включаючи швидке та точне інформування про стан довкілля на заданій території, здатність дістатися до важкодоступних районів, а також можливість модифікувати бортові системи ДПЛА залежно від задачі моніторингу. Сьогоднішні ДПЛА забезпечують широкий спектр можливостей, включаючи фото- та відеоспостереження у видимому спектрі, а також тепловізійну та радарну зйомку. Для вирішення обмежень, що пов'язані з організацією управління та потребою вчасного застосування безпілотних літальних апаратів (ДПЛА), був розроблений підхід, що полягає у формулюванні критерію, який може бути часовим або економічним, для визначення можливості застосування ДПЛА з мінімальними витратами для виконання екологічних завдань. Додатковою перевагою застосування ДПЛА для екологічного контролю є можливість оперативної реакції на виявлення забруднення та вчасного прийняття заходів для його ліквідації. Крім того, використання ДПЛА дозволяє зменшити ризик для людей, які здійснюють спостереження в небезпечних умовах, наприклад, в зонах забруднення, де можлива експозиція до токсичних речовин. Застосування ДПЛА в екологічному контролі є важливим елементом стратегії збереження природного середовища та підвищення екологічної безпеки. У вирішенні завдань моніторингу геоекотехнічних систем з використанням даних БПЛА ключовим є ландшафтознавчий підхід, який розглядає зображення земної поверхні, отримане за допомогою техніки, як складну геоекотехнічну систему, де всі елементи тісно пов'язані та взаємодіють між собою. Ландшафт розглядається як результат природної та людської діяльності, при цьому він зберігає сліди різних етапів розвитку, що дозволяє оцінити значення ландшафту для дослідження геоекотехнічних систем як у просторовому, так і в часовому аспектах.

Висновки. Розробка корисних копалин має як економічні, так і значні екологічні наслідки. Забруднення ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери, деградація ландшафтів та втрата біорізноманіття є ключовими викликами, з якими зіштовхується людство у сфері гірничодобувної промисловості. Щоб забезпечити сталість розвитку та мінімізувати екологічні ризики, необхідно запроваджувати новітні технології видобування та переробки, а також впроваджувати системний екологічний моніторинг і природоохоронні заходи на місцевому, національному та глобальному рівнях. У проведених дослідженнях встановлено, що пилове забруднення може створювати екологічну небезпеку. Було доведено необхідність розрізнення первинного та вторинного джерел небезпеки, відповідно до основного технологічного процесу виробництва. Запропонований методичний підхід щодо оцінки екологічної безпеки в умовах інтенсивного пилового забруднення.

Список використаних джерел:

1. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с.// ISBN 978-617-7468-53-9. 10.3997/2214-4609.201902083.
2. Архипова Л.М. Методи оцінки екологічної небезпеки природно-технічних систем в районах нафтогазовидобутку / Л.М.Архипова // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – № 3(29), 2011. – С. 29-33.
3. Греков Л.Д., Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом. Київ. Наукова думка, 2007. – 219 с.
4. Триснюк В.М., Шумейко В.О., Голован Ю.М. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту. Київський національний університет будівництва і архітектури. Екологічна безпека та природокористування. № 2 (37), Київ. 2021. С. 28-34.
5. Триснюк В.М. Система управління екологічною безпекою природних і антропогенно-модифікованих геосистем. Системи обробки інформації. – 2016. – № 12. – С. 185-188. IndexCopernicus.
6. Horoshkova L., Khlobystov Ie., Trysnyuk V., Trysnyuk T. Dynamic balance of natural resource use aimed at national economy's sustainable development (the case of coal mining adaptive modelling). European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021, Volume 2021, p. 1-6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521107>.
7. Trysnyuk V., Trysnyuk T., Radchuk I., Horoshkova L., Khlobystov Ie., Nagorny Y. Modeling of dangerous processes of natural and man-made disasters. European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021, Volume 2021, p. 1-6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521063>.