УДК 502.1/504.06: 622
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.8

НАУКОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Луньова О.В.
Державна екологічна академія
післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
Oksanalunova@gmail.com

У роботі викладені результати досліджень, які спрямовані на розвиток наукових основ управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу і враховують особливості впливу чинників на процес формування та ефективне управління їх екологічним станом, а також створюють передумови для зменшення екологічних ризиків внаслідок їх функціонування в сучасних умовах. Мета роботи – розкриття особливостей впливу чинників на процес формування екологічної небезпеки промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу в сучасних умовах як підґрунтя наукових основ управління їх екологічною безпекою. Розроблено науково-методологічні основи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу, які враховують вплив техногенних чинників за останні п'ять років в умовах соціальної напруженості, створюють передумови забезпечення прийнятних екологічних ризиків промислових комплексів вуглевидобувних підприємств на довкілля. Розроблено методологію інтегрованого підходу до оцінки ступеня екологічної небезпеки діяльності промислових комплексів вуглевидобувних підприємств, запропоновано алгоритм комплексного оцінювання екологічних ризиків. Розроблено методику використання ортотрансформованих космічних знімків з метою виявлення відповідних промислових комплексів вуглевидобувних підприємств, їх впливу на зміни концентрованих деформаційних процесів земної поверхні. Запропоновані управлінські рішення щодо забезпечення екологічної безпеки з рішення реальних задач на підприємствах. Розроблені рекомендації щодо формування системи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу, яка включає методики застосування космічних знімків, інтегрального показника екологічного впливу та відповідні управлінські заходи. *Ключові слова:* екологічна безпека, довкілля, екологічний ризик, техноекосистема, екологічний моніторинг, промислові комплекси вуглевидобувних підприємств, деформація, зсування, підтоплення.

The scientific foundations of ecological safety management at coal-mining enterprises. Lunova O.
The study contains the principal ideas reflecting the scientific fundamentals, which ensure the environmental safety for coal-mining enterprises of Donbas central regions. They involve factors, which affect the environmental conditions and effective management taking into account the feature of the region. The aim of the study is to discover how the factors affect the process of ecological safety formation at industrial facilities, particularly at the enterprises of Central Donbas region. The author has developed the methodological basics aiming at effective safety management for coal-mining enterprises of Donetsk regions. Such approach involve a social unrest feature of Donetsk region, which took place within last 5 years. The author has proposed an integrated approach allowing estimating the level of industrial environmental safety for coal-mining facilities. In the study, a new approach of space orthoimagery application proposed. The developed approach helps detecting industrial facilities, which are involved into coal mining. It also allows evaluating how such enterprises affects the Earth surface. Based on it the study gives a set of management decisions ensuring the environmental safety. In the work, the author gives recommendations regarding the environmental safety complex at industrial facilities of Donbas central region. It comprises the following methodologies: space images application, implementation of integral indicator, and corresponding management decisions. The scientific-methodological statements and practical recommendations stated in this qualification research may be applied in the contemporary terms during measures ensuring the environment safety resulted from mining enterprises of Donbas techno-ecosystems taking into account the impact of not controlled dangerous facilities. The provision of the environment renovation of Donbas' TES is a significant factor establishing environment protection activity in the region, which corresponds to the requirements paragraph 4 "Reducing of ecological risks…" of the Strategy of the environment policy by 2030. The main task of it is a resolving of the ecological issues, renovation and preservation of Donbas environment and an inherent component of Ukrainian economic and social sustainability. *Key words:* ecological safety, environmental, ecological risks, techno ecosystem, monitoring, industrial coal mining facilities, deformation, land displacement, waterlogging, environmentally balanced development.

Постановка проблеми. Активна людська діяльність в наукових дослідженнях біосфери включає не тільки природні, а й природно-техногенні екологічні системи (техноекосистеми) для збереження своєї структури самопідтримання й саморегуляції. [1]. Екологічні системи з антропогенними компонентами (будинки, знаряддя і споруди) входять в специфічні неживі складові в нову організацію живого покриву Землі [2]. Термін і поняття екосистеми були запропоновані британським ботаніком і екологом А. Тенслі [3]. Якими б важливими не були для нас дослідження власне живих організмів, відзначав він, при цьому необхідно розуміти, що вони існують у тісному зв'язку з середовищем проживання і утворюють з ним єдину фізичну систему.

У працях В.І. Вернадського на початку XX століття також висловлювалися ідеї щодо тісного

взаємозв'язку живої і неживої речовини в біосфері. Але заслуга А. Тенслі полягає не тільки в тому, що він ввів термін «екосистема», але й обґрунтував системний підхід до вивчення екології взагалі. Екологія, яку називали екологією Е. Геккеля (ввів цей термін у 1866 р), стала наукою про економії, способи життя, зовнішні життєві відносини організмів один з одним і почала перетворюватися в системну екологію, яка описувала існування життя на нашій планеті як систему ієрархічних систем.

Одночасно пріоритет терміну й обґрунтування поняття «антропогенна екосистема» належить А. Тенслі. На сьогодні класифікація антропогенних екосистем ще не розроблена, але можна виділити три їх типи: агро-, техно- та урбоекосистеми.

Термін «techno-ecosystem» використовував E. Odum [4], але термінологічний пріоритет належить Z. Nevech [5]. Який звернув увагу на корінну відмінність природних і техноекосистем: якщо перші залежать від енергії сонця, то другі – від енергії різного палива [6].

Тобто існує клас екосистем, в яких одним із елементів виступають різні технічні об'єкти та системи: підприємства (вугільні, хімічні, металургічні), електростанції, спеціальні водні об'єкти технічного призначення, транспортні засоби та шляхи, пристрої та системи різних виробництв, території, зайняті технічними об'єктами і ними трансформовані, частини акваторій, системи водопостачання та тощо. Немає практично жодної технічної системи, яка б будь-яким чином не була пов'язана з природними – ландшафтом, рослинністю, тваринним світом, мікроорганізмами, ґрунтами. Перефразовуючи А. Тенслі, можна сказати, що технічні об'єкти утворюють з природними «одну фізичну систему».

Дослідженнями встановлено, що різні види діяльності людини на гірничовидобувних підприємствах у межах конкретної техноекосистеми мають в собі ті чи інші загрози та ризики, які, за певних умов, виявляються і можуть мати негативні наслідки для усієї системи у цілому та її структурних складових. Це пов'язано з тим, що під час розробки вугільних родовищ вони зумовлюють з необхідність мати відповідні рішення щодо забезпечення експлуатаційної технологічної й екологічної безпеки в зоні гірничовидобувних робіт. Для цього необхідні ефективні форми управління екологічною безпекою, розуміння суті загроз і ризиків, розробка та реалізація стратегії становлення до них, під час видобування корисних копалин. Ризики постійно присутні в господарській діяльності людини, однак вивчені недостатньо, адже вони, як категорія, практично не розглядалися, як об'єкти теоретичних досліджень. На думку В. Маршалла, ризик – це частота реалізації загрози, а загроза – природне чи техногенне явище, за якого можлива поява явищ або процесів, здатних уражувати людей, завдавати матеріальних збитків, руйнувати довкілля. Саме таке тлумачення ризику найбільш поширене в науково-технічних публікаціях.

Підземна експлуатація промислових комплексів гірничовидобувних підприємств за своєю специфікою характеризується розвитком численних загроз та форм ризиків та особливими ознаками їх протікання. При цьому освоєння підземних родовищ на сьогодні зустрічається з проблемами забезпечення технологічної й експлуатаційної безпеки, захисту людини і довкілля. Природні та технологічні катастрофи під час освоєння підземних надр мають різноманітні наслідки. Що потребує залучення єдиної міри оцінки наслідків або відповідних вагових категорій, що зводять різні екологічні результати до єдиного базису. Незважаючи на відносний характер таких оцінок, дослідження за оцінкою ризику потрібні передусім для того, щоб мати можливість порівнювати ризик від нових технічних рішень з ризиком від природних катастроф (чи екологічним ризиком).

Шмандій В.М. у своїй праці «Екологічна безпека» висвітлює питання формування умов виникнення екологічної безпеки та управління нею в умовах надзвичайних ситуацій. Однак в роботі не визначено вплив чинників на процес формування екологічної небезпеки.

У монографії «Гідрогеологічні та геомеханічні фактори екологічної безпеки навколишнього середовища в умовах реформування вугільної галузі» (Улицький О.А., Єрмаков В.М. та ін.) розглянуть закономірності впливу вугільних шахт, що закриваються, на зміни гідрогеологічних та екологічних параметрів навколишнього середовища, дослідження технологічні, технічні та екологічні завдання з екологічної безпеки природно-техногенних геосистем у вугільних регіонах. Качинський А.Б. розглядає ризик як кількісну міру небезпеки, яка дорівнює добутку ймовірності реалізації цієї загрози на ймовірність величини можливого збитку від неї.

Іноземні фахівці (Sornette D., Maillart T., Kroger W.) пропонують використовувати апарат ймовірнісного аналізу безпеки, який заснований на моделюванні небезпек і сценарному підході. Plattner Th., Plapp T. and Hebel B. під ризиком розуміють очікуваний збиток, а облік індивідуального сприйняття ризику пропонують здійснювати шляхом введення коригуючого множника. Оцінка збитку при загибелі людей виконується з урахуванням вартості життя, вираженої в грошових одиницях, а сама проблема оцінки вартості життя розглядається в роботах Bowen C. та Verdonck F.

Однак практична значущість таких результатів, ще не розглянута досконало в умовах сучасного підходу, але, до освоєння підземного простору проблема екологічної небезпеки й еколого-техногенних ризиків набуває особливого значення для гірничовидобувної промисловості. Тому недостатня визначеність впливу чинників на процес формування екологічної

небезпеки промислових комплексів вуглевидобувних підприємств у сучасних умовах та ефективності систем управління через показник екологічної безпеки зумовлює необхідність проведення досліджень у цьому напрямі.

Отже, розвиток наукових основ управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу (ЦРД), які враховують особливості впливу чинників на процеси формування та ефективність управління їхнім екологічним станом, є актуальною науковою проблемою вирішення якої є науковим підґрунтям подальшого прогресу щодо зменшення їх негативного впливу на довкілля.

Мета та задачі дослідження. ***Мета роботи*** – визначення особливостей впливу чинників на процес формування екологічної небезпеки промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу в сучасних умовах як підґрунтя наукових основ управління їх екологічною безпекою.

Для досягнення цієї мети необхідно:

- проаналізувати національний і світовий досвід щодо оцінювання екологічного стану, управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств та виявити шляхи їх розвитку;
- обґрунтувати методологію, методи та методики проведення досліджень;
- вивчити вплив технологічних процесів промислових комплексів вуглевидобувних підприємств на техноекосистеми Центрального району Донбасу шляхом ідентифікації їх основних складових та визначити особливості впливу різних чинників на процес формування їх екологічного стану;
- обґрунтувати доцільність застосування та розрахувати інтегральний показник екологічного впливу на компоненти довкілля як індикатор ступеня їх екологічної небезпеки в системі оцінювання та управління екологічною безпекою техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств;
- із застосуванням методу експертної оцінки обґрунтувати та визначити ступінь екологічної небезпеки складових техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств та їхній вплив на компоненти довкілля;
- розробити методику застосування космічних знімків, які одержані з використанням GIS-технологій, та виявити динаміку вертикальних деформацій земної поверхні техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу;
- спрогнозувати ступінь екологічної небезпеки промислових комплексів вуглевидобувних підприємств у реальному часі та оцінити ефективність системи управління екологічною безпекою Центрального району Донбасу в межах системи DEIS;
- розробити рекомендації щодо формування системи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу, яка включає методики застосування космічних знімків, інтегрального показника екологічного впливу та відповідні управлінські заходи.

Матеріали та методи дослідження впливу чинників на формування екологічної небезпеки промислових комплексів вуглевидобувних підприємств та ефективність систем управління їх екологічною безпекою.

Дослідження проводили з використанням ідентифікації джерел небезпеки та їх територіальної структуризації як підґрунтя формування екологічної небезпеки. Формування ідентифікації екологічних небезпек вивчали на 50 промислових комплексах вуглевидобувних підприємств Мінекоенерго за даними еколого- технічних показників у 2017 – 2019 роках в рамках науково-дослідної теми «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення», які розташовані на підконтрольній українській владі території.

На промислових комплексах вуглевидобувних підприємств, які розташовані на непідконтрольній українській владі території (в умовах відсутності можливості здійснювати постійний моніторинг стану довкілля і контролювати розвиток подій, пов’язаних із функціонуванням техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств), дослідження проводили за допомогою розробленої авторами методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки впливу промислових комплексів вугільних підприємств на функціонування техноекосистем. У рамках роботи з OSCE Project Coordinator in Ukraine за співпраці з Національним центром управління та випробувань космічних засобів на основі розробленої методики було проведено моніторинг техноекосистем Донецької і Луганської областей. Дослідження проводились за допомогою даних космічної радіолокаційної зйомки для виявлення зміщень земної поверхні та об’єктів, що спричинені порушенням технологічних циклів видобувної діяльності промислових комплексів та їх підтоплення з використанням супутникових радіолокаційних даних за період 2016–2018 рр. Екологічні ризики об’єктів промислових комплексів вуглевидобувних підприємств визначали на основі експертної оцінки з урахуванням інформації про вид їх діяльності та місця розташування в умовах відображення екологічної інформації в реальному часі на основі GIS-технологій.

Результати досліджень при удосконаленні системи управління екологічною безпекою.

Існуюча схема моніторингу та управління екобезпекою промислових підприємств не дозволяє

приймати обґрунтовані та ефективні управлінські рішення щодо досягнення еколого-збалансованого розвитку техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств.

Загальну схему моніторингу та управління екобезпекою промислових підприємств показано на рис. 1.

Розробка та реалізація заходів переходу до еколого-збалансованого функціонування базуються на визначенні рейтингу природних компонентів за важливістю забезпечення їх саморегуляції. На базі рейтингу природних компонентів визначено першочерговість технологічних заходів щодо переходу техноекосистем до еколого-збалансованого функціонування. Процес наближення техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств до еколого-збалансованого розвитку контролюється шляхом оцінки кожного з етапів.

У роботі обґрунтовано необхідність розробки методології інтегрованого підходу до оцінки рівня екологічної небезпеки при формуванні техноекосистем та методології вибору технологічних рішень для забезпечення збалансованого розвитку промислових комплексів вуглевидобувних підприємств з урахуванням прийняття оперативних управлінських рішень.

На основі цієї методології визначено принципи аналізу фактичних параметрів функціонування техноекосистем, що відповідають параметрам еколого-збалансованого розвитку, та розроблено модель функціонування промислових комплексів вуглевидобувних підприємств, яка дозволяє візуалізовувати в динаміці відносини і зв'язки модельованої системи у вигляді діаграми потоків ресурсів з означенням інформаційної взаємодії об'єктів. Концептуальну модель еколого-збалансованого функціонування промислових комплексів вуглевидобувних підприємств наведено у вигляді:

$$S = \{ N, RNT, RNH \} U \{ T, RTN, Rth \} U \{ H, RHN, RNT \}, \quad (1)$$

де N – множина (матриця) структурних елементів природної складової техноекосистеми;

T – множина (матриця) структурних елементів техногенної складової техноекосистеми;

H – множина (матриця) структурних елементів соціальної складової техноекосистеми;

U – зв'язки між і-м і J-ми множинами.

Результати вибору множини (вектора) критеріїв оцінки функціонування промислових комплексів вуглевидобувних підприємств для оптимального технологічного рішення щодо забезпечення сталого функціонування промислових комплексів вуглевидобувних підприємств надають можливість знаходити зводиться до вибору найкращі комбінації елементів системи S за якої елементи вектора R монотонні.

Запропоновані принципи та модель є основою для еколого-збалансованого функціонування техноекосистем та розробки рекомендацій щодо компенсаційних заходів забезпечення зниження екологічних ризиків.

Проведено ідентифікацію джерел небезпеки та їх територіальну структуризацію як підґрунтя формування екологічної небезпеки. У визначенні ідентифікації екологічних загроз взяли участь 50 промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Мінекоенерго за даними 2017–2019 років. Виконано аналіз методів оцінки ризиків природного та техногенного походження [7].

На основі використання цих даних розроблено алгоритм комплексного оцінювання екологічних ризиків, який дозволяє мінімізувати їх негативний вплив на довкілля (рис. 2).

Екологічний ризик, який може проявлятись в антропогенному ризику, складається з природного і техногенного ризиків, які формують найбільш несприятливі наслідки для функціонування системи «масив – технологія – довкілля».

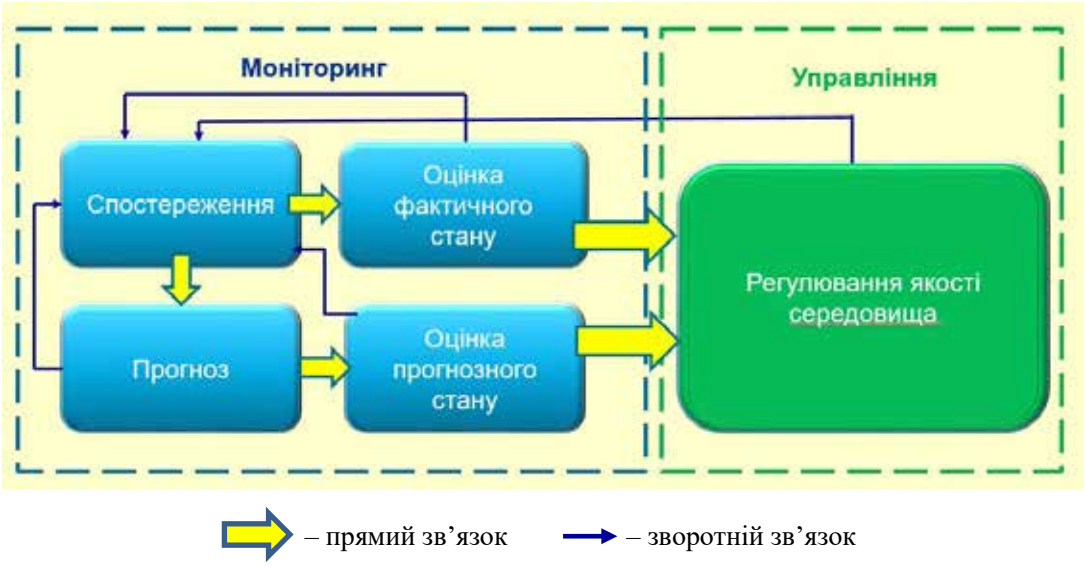


Рис. 1. Загальна схема моніторингу та управління екобезпекою промислових підприємств

Рис. 2. Алгоритм комплексного оцінювання екологічних ризиків

Таблиця 1

Шкала комплексної оцінки ступеня екологічної небезпеки

Категорія впливу, бали			Інтегральна оцінка, бал	Ступінь екологічної небезпеки	
Просторовий масштаб	Тимчасовий масштаб	Інтенсивність впливу		**бали**	**вплив**
Локальний 1	Короткочасний 1	Незначна 1	3	3–6	Низький (практично безпечний)
Обмежений 2	Середньої тривалості 2	Слабка 2	6	7–9	Середній (помірній)
Місцевий 3	Тривалий 3	Помірна 3	9	10–12	Високий (катастрофічний)
Регіональний 4	Багаторічний 4	Потужна 4	12		

Підхід до освоєння підземного простору побудовано за принципом ризику, який вимагає додержання таких вимог:

– відсутність шкоди для здоров'я людини;

– неминучість втрат у природних екологічних системах;

– зведення втрат у природних екологічних системах до мінімуму;

– реальна можливість відновлення втрат;

– сумірність між економічним ефектом і екологічним ризиком.

Науково обґрунтувано основи оцінювання екологічних небезпек ПКВП з метою оптимізації екологічного моніторингу в вугільній галузі за методами аналізу ієрархій Т. Сааті та «Делфі». Виявлено, що вплив цих факторів на рівень загрози екологічної безпеки техноекосистем вугільних шахт доцільно оцінювати за 4-бальною шкалою шляхом безпосереднього обстеження чи спостереження за їх станом на територіях вугледобувних підприємств за даними Мінекоенерго. Середній бал комплексного оцінювання дорівнює 10,4.

По результатах аналізу одержаних даних можна зробити висновок, що загальне погіршення стану кожної складової техноекосистеми, тобто підвищення ступеня їх екологічної небезпеки на територіях вугледобувних регіонів, варто кількісно оцінювати за середніми балами, визначеними по окремих конкретних підприємствах. Розроблена шкала комплексної оцінки ступеню екологічної небезпеки (табл. 1).

Для визначення комплексного впливу на окремі компоненти довкілля необхідно використовувати таблиці з бальними критеріями впливу. Комплексний бал визначено за формулою:

$$\mathbf{Q_{компл}} = q_t + q_s + q_i \,, \qquad (2)$$

де $\mathbf{Q_{компл}}$ – мкомплексний оцінюваний бал для заданого впливу;

q_t – бал часового впливу на компонент довкілля;

q_s – бал просторового впливу на компонент довкілля;

q_i – бал інтенсивності впливу на компонент довкілля.

Експертна оцінка ступеня екологічної небезпеки по конкретних вугільних підприємствах показала, що вплив здійснюється на всі компоненти навколишнього природного середовища.

Розраховано інтегральний показник екологічного впливу технологій на довкілля (ІПЕВ), який враховує як прямі впливи (одержання готової продукції – вугілля), так і опосередковані, які існують при використанні допоміжних засобів (обладнання, транспортні пристрої та ін.).

За показник ІПЕВ на компоненти навколишнього природного середовища було прийнято:

– для земельних ресурсів – техногенний вплив, за якого природний ресурс повністю вилучається з використання;

– для водних ресурсів – відкачування та скиди вод високої мінералізації;

– для атмосферного повітря – викиди з високою концентрацією забруднюючих речовин.

За початковий показник відліку прийнято значення фонових показників (ГДК, ПДВ, ПДС), які відповідають прийнятним екологічним нормам.

Визначені коефіцієнти інтегрального впливу технологій на довкілля за формулами:

$$K^A = \frac{B_A}{B_A}\,,\ K^Z = \frac{B_Z}{B_A}\ ,\ K^W = \frac{B_W}{B_A}\,, \qquad (3)$$

де $K_{(Z,W,A)}$- коефіцієнти ІПЕВ;

$B_{(Z,W,A)}$ – витрати на реабілітацію та очищення земельних, водних ресурсів та атмосферного повітря.

Досягнення еколого-збалансованого функціонування промислових комплексів вуглевидобувних підприємств можливе за умови збереження клімату в атмосфері Землі. За базовий показник для визначення коефіцієнтів ІПЕВ прийнято вартісні значення очищення атмосферного повітря (CO_2-еквівалент забруднення). Результати розрахунку коефіцієнтів ІПЕВ наведено в таблиці 2.

Сумарна оцінка виконання природоохоронних заходів вуглевидобувних підприємств в одиницях інтегрального показника впливу технологій на довкілля складає:

$$I_{ІПЕВ} = \frac{\Sigma\Sigma I_{ІПЕВ} \times 100}{\Sigma\Sigma I^{\max}_{ІПЕВ}} = \frac{1606181 \times 100}{5004680} = 32\ \% \qquad (4)$$

Отже, при виконанні підприємствами природоохоронних заходів доведення техноекосистем до еколого-збалансованого функціонування може бути досягнено лише на 32 %. Тому цей варіант природоохоронних заходів автор вважає недостатнім. Необхідно запланувати нові, більш дієві природоохоронні заходи.

Впровадження наведеної методології дозволяє вирішувати проблеми еколого-збалансованого функціонування техноекосистем на підконтрольній території.

Розроблено алгоритм класифікації підприємств вугільної галузі за їх впливом на навколишнє середовище та методику застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки впливу промислових комплексів вугільних підприємств на функціонування техноекосистем [8].

На основі розробленої методики в рамках роботи з OSCE Project Coordinator in Ukraine за співпрацею з Національним центром управління та випробувань космічних засобів було проведено дослідження територій техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу.

Загальна територія досліджень з урахуванням вертикальних зміщень територій та об'єктів (на непідконтрольних Уряду України ділянках територій Донецької і Луганської обл.) становила 4609 км^2. Дослідження проведені за допомогою даних космічної радіолокаційної зйомки для виявлення зміщень земної поверхні та об'єктів, що спричинені порушенням технологічних циклів видобувної діяльності шахт,

Таблиця 2

Результати оцінки заходів вугледобувних підприємств за 2019 рік

Впливи	Показники оцінки заходів	Інтегральний показник оцінки заходів	УСЬОГО (ІПЕВ)
Прямі	$\Sigma A_п$ – 240862 т	ΣA_{CO2} – 240862 ІПЕВ ΣW_{CO2} – 1303339 ІПЕВ ΣZ_{CO2} – 61980 ІПЕВ	1606181
	$\Sigma W_п$ – 76667 тис. м^3		
	$\Sigma Z_п$ – 12396 га		
Опосередковані в CO_2-еквіваленті	ΣA_{CO2} –240862*1,0= 240862		
	ΣW_{CO2} – 76667*17,0=1303339		
	ΣZ_{CO2} – 12396*5,0= 61980		

їх підтоплення та результатів аналізу змін земного покриву з метою визначення місць концентрованих деформацій земної поверхні, проведення високоточної оцінки вертикальних зміщень об'єктів і територій з використанням інтерферометричної обробки супутникових радіолокаційних даних за період 2016–2018 рр.

За результатами обробки ретроспективних радіолокаційних знімків зони досліджень та тематичного аналізу оцифровані зони концентрованих деформацій, досліджена динаміка за часом окремих об'єктів.

Основні зони вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу наведені на рис. 3.

У зоні осідань земної поверхні шахти Вуглегірська (площа – 1,7 км^2) швидкість осідання її становить – 27 мм/рік, територія характеризується як «небезпечно-загрозлива». У зоні осідань земної поверхні ш. Юнком (площа – 1,64 км^2) швидкість осідання становить – 64 мм/рік, територія характеризується як «загрозливо-надзвичайна» У Зоні осідань земної поверхні ш. Полтавська (площа – 3,42 км^2) швидкість осідання становить – 55 мм/рік, територія характеризується як «загрозливо-надзвичайна». У Зоні осідань ш. земної поверхні Єнакієвська (площа – 5,64 км^2) швидкість осідання становить – 129 мм/рік, територія характеризується як «надзвичайно-критична*» (*шкала розроблена Національним центром управління та випробувань космічних засобів).

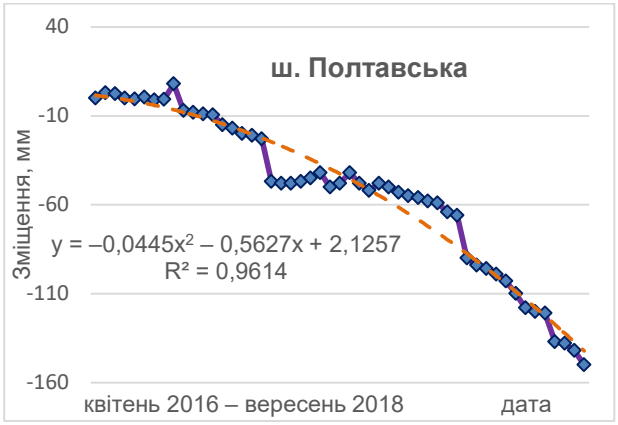
Теоретично та науково обґрунтовано екологічний ризик на територіях сходу України у вигляді відображення екологічної інформації в реальному часі на основі веб-технологій [9]. Місця розташування об'єктів промислових комплексів вуглевидобувних підприємств визначалися з використанням даних дистанційного зондування Землі. Координати розміщення об'єктів нанесені з приблизною точністю та відображають орієнтовну ділянку розташування (рис. 4).

Щоб результати моделювання даних в системі екологічної безпеки сприяли прийняттю рішень в ситуації, що склалася, результати моніторингових вимірювань повинні легко передаватися в GIS та веб-сайт і навпаки – дані з GIS повинні розпізнаватися та використовуватися в розрахунках при побудові математичних моделей. При вдалому та коректному суміщенні математичних моделей і GIS можна досягти максимального ефекту від результатів моніторингу та моделювання й розширити сферу застосування GIS.

Схематичне зображення запропонованої удосконаленої системи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств показано на рис. 5.

Зона небезпечно-загрозлива

Зона загрозливо-надзвичайна



Зона загрозливо-надзвичайна

Зона надзвичайно-критична

Рис. 3. Динаміка осідань земної поверхні у окремих точках вуглевидобувних підприємств

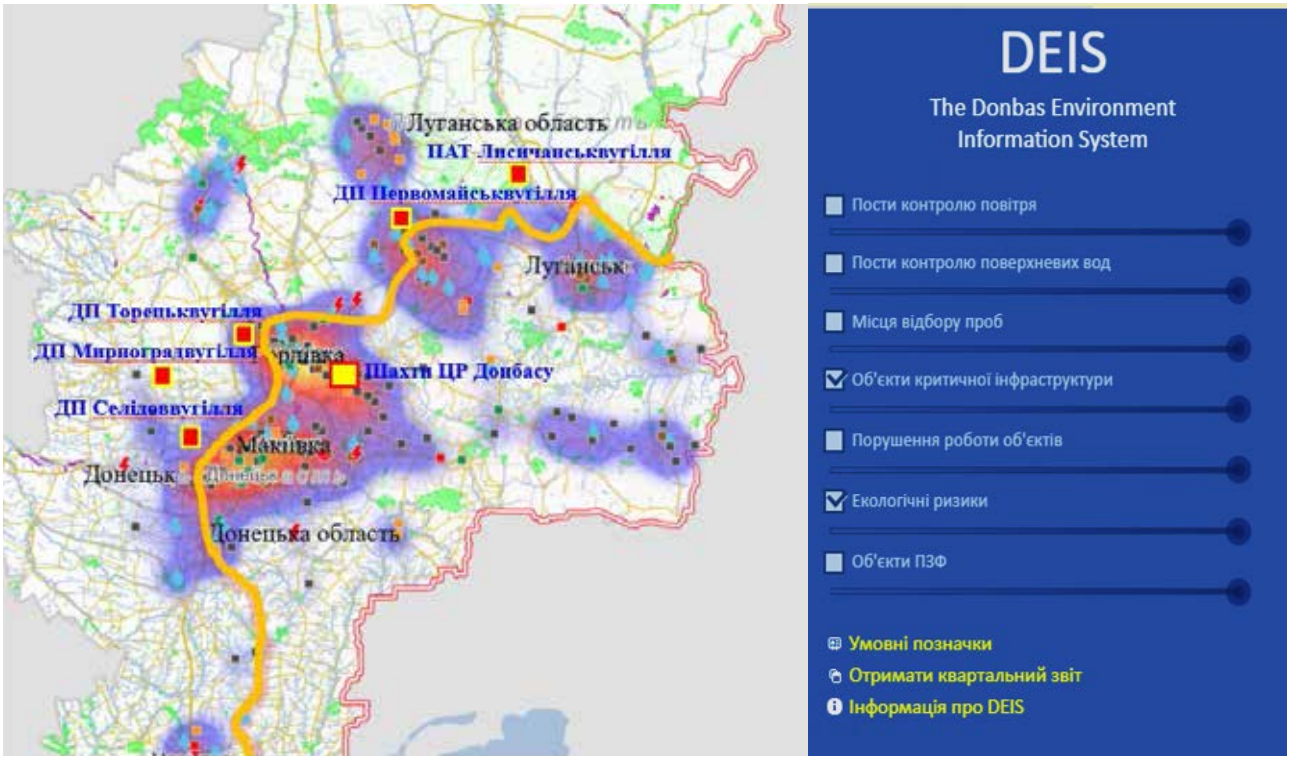


Рис. 4. Карта Донецької та Луганської областей в системі DEIS з вугільних родовищ (М 1:50 000)

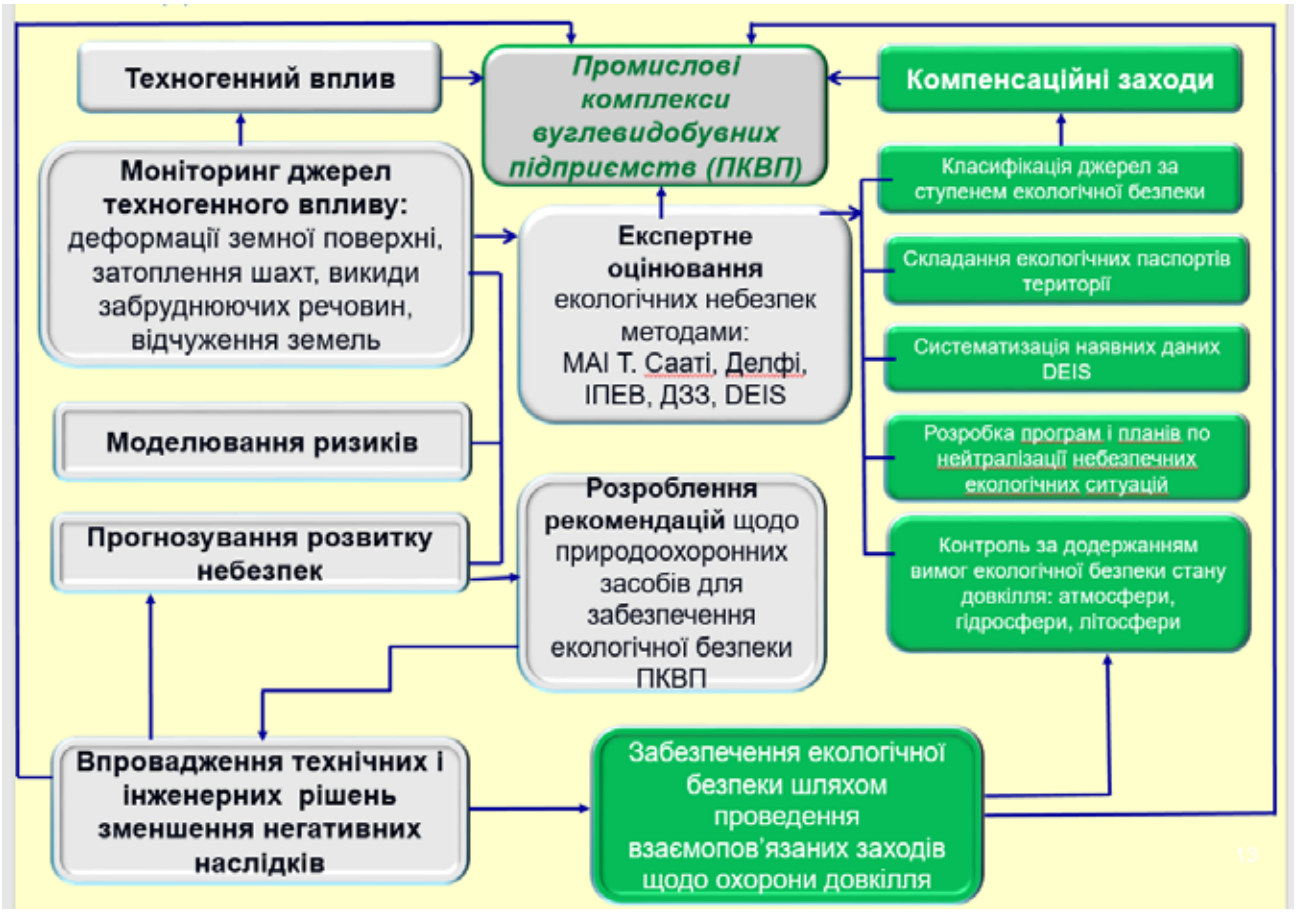


Рис. 5. Удосконалена система управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств

Рекомендації щодо компенсаційних заходів розроблені для забезпечення зниження екологічних ризиків техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств та еколого-збалансованого розвитку.

Висновки

1. Проаналізовано національний і світовий досвід оцінювання екологічного стану, а також управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств і виявлено шляхи їх розвитку. При аналізі встановлено, що екологічний стан техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств в умовах соціальної напруженості можна охарактеризувати як «кризовий», з урахуванням воєнних дій за п'ятирічний термін – стан перейшов до категорії «катастрофічний». Відсутність комплексного підходу до вирішення проблем управління екологічною безпекою призвела до значної деградації довкілля, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, земельних ресурсів.

2. Обґрунтовано методологію, методики і теоретичні та експериментальні методи проведення дисертаційних досліджень. Теоретичні методи аналізу і синтезу використано для узагальнення інформації, одержаної з інформаційних джерел, та визначено основні напрями дослідження. Експериментальні методи використано для: експертної оцінки ступеня екологічної небезпеки за конкретними вугільними підприємствами; моделювання комплексної оцінки екологічних ризиків; постійного моніторингу за станом техноекосистем (затоплення шахт та вертикальні зміщення земної поверхні та об'єктів), особливо на непідконтрольній українській владі території; відображено екологічну інформацію в реальному часі на основі веб-технологій – Інформаційна система довкілля Донбасу (DEIS).

3. За результатами досліджень встановлено влив технологічних процесів та критерії етапів переходу трансформованих територій техноекосистем у межах техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств до еколого-збалансованого функціонування. Виявлено характер змін природно-техногенних чинників та стан екологічної безпеки промислових комплексів вуглевидобувних підприємств.

4. Досліджено ідентифікацію джерел небезпеки та їх територіальну структуризацію як підґрунтя формування екологічної небезпеки. У формуванні ідентифікації екологічних загроз взяли участь 50 промислових комплексів вуглевидобувних підприємств. На основі цих даних виконано аналіз методів оцінки ризиків природного та техногенного походження, розроблено алгоритм комплексного оцінювання екологічних ризиків промислових комплексів вуглевидобувних підприємств, що дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля.

5. Розроблено алгоритм комплексного оцінювання екологічних ризиків за ступенем екологічної небезпеки (за запропонованою шкалою від 0–12 балів та IV ступенями екологічної небезпеки), що характеризує еколого-збалансоване функціонування техноекосистем у межах техноекосистем на основі об'єднання кількісних та якісних показників поточного стану довкілля. Обґрунтовано методи оцінки екологічних ризиків у межах техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств та проведено експертну оцінку ступеня екологічної небезпеки. Досліджено напрями мінімізації ризиків зниження ймовірності виникнення аварій за рахунок підвищення надійності технологічного обладнання та ефективності управління технологічним процесом гірничих робіт. Загальне погіршення стану кожної складової техноекосистем, тобто підвищення рівня їх екологічної небезпеки на територіях вугледобувних регіонів, доцільно кількісно оцінювати за середніми балами, визначеними за окремими конкретними підприємствами. Загальну оцінку рівня екологічної небезпеки вугледобувних регіонів можна визначати як суму експертних оцінок впливу 10-ти підприємств на 3 основних складових техноекосистем (таблиці у вигляді матриці |10x3|).

6. Науково обґрунтовано доцільність застосування та розраховано інтегральний показник екологічного впливу технологій на довкілля (ІПЕВ), який враховує як прямі впливи (отримання готової продукції – вугілля), так і опосередковані, які існують при використанні допоміжних засобів (обладнання, транспортних пристроїв та ін.). Встановлено, що інтегральний показник екологічного впливу (для земельних ресурсів – 5 тСО-екв./га, водних ресурсів – 17 тСО-екв./тис. $м^3$, атмосферного повітря – 1 тСО-екв./т), що характеризує зміни техноекосистем і є індикатором рівня екологічної небезпеки територій функціонування техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств;

7. Розроблено алгоритм класифікації об'єктів промислових підприємств та оптимізації техногенної складової техноекосистем на базі ранжування природних компонентів для забезпечення еколого-збалансованого розвитку техноекосистем у межах промислових комплексів вуглевидобувних підприємств.

8. Розроблено алгоритм класифікації промислових комплексів вуглевидобувних підприємств за їх впливом на навколишнє середовище та методику застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки впливу промислових комплексів вуглевидобувних підприємств на функціонування техноекосистем. Методика адаптована до використання результатів космічної зйомки на конкретних прикладах для кожного класу об'єктів критичної інфраструктури України. В рамках дослідження підтверджено актуальність, наукову та практичну цінність використання дистанційних методів дослідження екологічного стану великих територій земної поверхні, зокрема із залученням інформації від радарних та оптичних супутників ДЗЗ.

9. Удосконалено систему управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств на основі забезпечення прийнятних екологічних ризиків промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Центрального району Донбасу шляхом застосування наукових основ управління їх екологічною безпекою, які враховують особливості впливу чинників на процеси формування та ефективність управління їхнім екологічним станом. Розроблено рекомендації щодо компенсаційних заходів для забезпечення зниження екологічних небезпек з метою мінімізації їх впливу та переходу техноекосистем вугільних родовищ до еколого-збалансованого функціонування.

Література

1. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. М.: Россия Молодая, 1992. 365 с.
2. Беклемишев В. Н Об общих принципах организации жизни. Бюлл. МОИП. Отд. Биол. 1964. Т. 69, вып. 2. С. 22–38.
3. Tansley A. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology. 1935. Vol. 16. P. 284–307.
4. Odum E. The “techno-ecosystem”. Bull. Ecol. Soc. Am. 2001. Vol. 82. P. 137–138.
5. Neveh Z. Landscape ecology as an emerging branch of human ecosystem science. Adv. Ecol. Res. 1982. Vol. 12. P. 189–237.
6. Протасов О.О. Техноекосистема: неминуче зло чи крок до ноосферы? Вісн. НАН України, 2014. № 6. С. 41–50.
7. Бондар О.І., Улицький О.А., Єрмаков В.М., Луньова О.В. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» № ДР 0116U005852 (протокол № 8-19 від 17.12.2019 р.)/ ДЕА Мінекоенерго, м. Київ. 2019. 57 с.
8. Ulytsky O. Technique for orthotransformed satellite imagery application in environmental assessment / O. Ulytsky V. Yermakov, O. Lunova, O. Buglak. Space Science and Technology Kyiv, T. 25 №4 (119), 2019. P. 46–58 doi:https: //doi.org/10.15407/knit2019.04.048
9. Lunova O. Potential territorial risk in the eastern Ukraine / O. Lunova, V. Yermakov, D. Averin Journal of Geology, Geography and Geoecology Vol. 28 (3). Dnipro. 2019. P. 600–609. doi: https://doi.org/10.15421/111957