УДК 504.064.4:622’17/669.13:167
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.1.4

ПРОГНОЗУВАННЯ СТУПЕНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗА ІНТЕГРАЛЬНИМ ПОКАЗНИКОМ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ

Луньова О.В.
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ
Oksanalunova@gmail.com

У статті охарактеризовано загальну ресурсоємність функціонування техноекосистеми, запропоновано методику вибору природоохоронних технологій за інтегральним показником екологічного впливу та алгоритм виконання розрахунку інтегрального екологічного впливу. Екологічна оцінка природоохоронних заходів здійснюється приведенням показників впливу на основні компоненти природного середовища до єдиного інтегрального показника екологічного впливу. Природоохоронні технології потребують використання матеріальних, енергетичних, природних та трудових ресурсів, для отримання яких є свої техногенні впливи. Проаналізовано стан довкілля в Донецькій та Луганській областях. Виявлено, що військові дії призвели до колосального руйнування промислових підприємств та інфраструктури в більшості міст Донецької та Луганської області: затоплені шахти, зруйновані виробничі потужності промислових підприємств, порушені водо-каналізаційні мережі, очисні споруди, тепло- і електростанції. Об’єктом дослідження є процеси функціонування техноекосистем промислових комплексів вуглевидобувних підприємств. Інтегральний показник екологічного впливу враховує як прямі екологічні впливи, які мають місце безпосередньо під час виготовлення одиниці продукції, так і опосередковані, які існують під час виготовлення засобів праці (устаткування, будівель, споруд, транспортних пристроїв), що амортизуються, а також задіяних у соціальній сфері на основному виробництві та в інших галузях промисловості, що обслуговують це виробництво. Об’єктом впливу під час отримання будь-якого речовинного або енергетичного ресурсу є природне середовище. В результаті вилучення з природного середовища будь-якого виду ресурсу порушується різною мірою ґрунт, підземні або поверхневі води, атмосфера, біота, літосфера. Виконання розрахунків за запропонованою методикою дозволяє визначити та звести впливи на окремі компоненти до єдиного показника впливу на навколишнє середовище. Чисельні значення інтегральних показників екологічного впливу корелюють зі ступенем їх важливості чи іншого заходу для стабілізації довкілля. Реалізація наведеної методики дозволяє вирішувати проблеми регіонального природокористування. З її допомогою можна розробити рейтинговий ряд підприємств з позиції доцільності їх функціонування та регіональних інтересів. *Ключові слова:* інтегральний показник, природоохоронні технології, гірничодобувна техноекосистема, компоненти техноекосистеми.

The forecasting of the environmental safety based on the integral indicator of ecological impact. Lunova O.
The study involves a general description of resource intensity of techno-ecosystems. The author also offers an algorithm enabling to calculate the cumulative environmental impact and a new approach allowing selecting a suitable conservation technology based on it. The environmental assessment is made by bringing all the indicators in common cumulative indicator of environmental impact. The conservation technologies demand to use material, energy, environmental resources and labor forces, which in order to be obtained require their own techno influences. In the research, the author made an analysis of environmental state of Donetsk and Lahansk regions. It was found that the military actions led to enormous destruction of industrial facilities and civilian infrastructure: the mines are flooded, lots of producing capabilities of industrial facilities are destroyed, and the sewer networks, treatment facilities and heat and power plants are broken. In this paper, the research subject is functioning processes of industrial techno-ecosystems used at coal mining enterprises. The commutative indicator of environmental impact takes into consideration either direct ecological influences or indirect ones, which occur during the tools producing process (equipment, buildings,engineering construstions, vehicles), which are depreciated. The indicator also encompasses the tools applied in social area, at main production and at subsidiary industries areas. During the process of either material or energetic resources obtaining, the environmental is considered as an impact object. As a result, while any natural resource is extracting from the environment the soil, ground and surface water, atmosphere, biota, lithosphere are destroyed. Using the proposed calculation scheme allows to define the influences and to obtain the cumulative indicator defining the common environmental impact. The numeral values of cumulative indicators correlate with their priorities. The implementation of the proposed method enables solving the problem if regional environmental management. Using it one can develop a list of enterprises in terms of usefulness of their production and regional interests. *Key words:* integral index, environmental technologies, mining techno-ecosystem, components of techno-ecosystems.

Постановка проблеми. Одним із дієвих механізмів оптимізації техноекосистеми є регулювання техногенного впливу на її природні компоненти, яке здійснюється за рахунок упровадження природоохоронних технологій. Під природоохоронними технологіями захисту навколишнього природного середовища розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження чи повне виключення антропогенного забруднення біосфери.

Основу економіки Донецької та Луганської області становлять насамперед важкі галузі промисловості – гірничовидобувна (зокрема вугільна), металургійна, хімічна, машинобудівна.

На території Донецької та Луганської області видобувається близько 90% всього вугілля, видобутого в Україні. Крім того, випускається близько 20–25% металопродукції, яка вироблена в країні, в тому числі труби, листовий і профільний прокат.

Найбільші хімічні комбінати Горлівки, Лисичанська, Донецька були основою хімічної промисловості України. У регіоні розташована велика кількість підприємств військово-промислового комплексу. Висока концентрація важких галузей промисловості зумовила критичну екологічну ситуацію в містах регіону і на території загалом, ще до початку в цьому регіоні військових дій. Сумарний викид забруднюючих речовин в атмосферу перевищує 2000 тис. тонн/рік (Донецька – 1 559,9 тис. тонн, найбільший показник серед усіх областей, Луганська – 472,1 тис. тонн), а сумарне скидання тільки забруднених стічних вод у поверхневі водойми перевищує 66,0 млн м^3/рік.

На території Донецької та Луганської області зберігаються відходи сфер виробництва, що віднесені до різних класів небезпеки. Відходи, залежно від фізичних, хімічних і біологічних характеристик, поділяються на чотири класи небезпеки: I-й клас – речовини (відходи) надзвичайно небезпечні; II-й клас – речовини (відходи) високо небезпечні; III-й клас – речовини (відходи) помірно небезпечні; IV-й клас – речовини (відходи) малонебезпечні.

Істотних негативних змін зазнав і ландшафт Донецької та Луганської області, у зв'язку з численними териконами, хвостосховищами відходів збагачення і накопичувачами небезпечних відходів, просіданням поверхні над гірничими виробками, техногенними ярами, утвореними скиданням шахтних вод (безпосередньо на рельєф), явищами підтоплення та зсувами. За офіційними статистичними даними площа задіяних земель у технологічних процесах становить близько 160 тис. га, але за оцінками фахівців вона в рази більша.

Безумовно, військові дії призвели до колосального руйнування промислових підприємств та інфраструктури в більшості міст Донецької та Луганської області: затоплені шахти; зруйновані виробничі потужності промислових підприємств; загрозі руйнування піддаються і дамби хвостосховищ накопичувачів промислових відходів; порушені водо-каналізаційні мережі, очисні споруди, тепло- і електростанції.

В економіко-географічному відношенні виділяються чотири основні групи промислових вузлів та промислової агломерації:

– найбільші полігалузеві вузли, що сформувалися історично – Луганський, Маріупольський, Горлівсько-Єнакієвський;

– великі нові моногалузеві вузли – Лисичансько-Рубіжанський, Краматорсько-Слов'янський, Стаханово-Алчевський, Торезо-Сніжнянський, Краснодонський;

– моногалузеві вузли, формування яких продовжується, Краснолиманський, Краснолуцько-Антрацитовий, Свердловсько-Ровеньківський;

– Донецько-Макіївська промислова агломерація.

Актуальність дослідження. Природоохоронні технології потребують використання матеріальних, енергетичних, природних та трудових ресурсів, які спричиняють техногенні впливи на довкілля. Можливо, що виробництво цих ресурсів може перевищувати впливи, які ліквідуються за рахунок упровадження природоохоронних технологій. Але це питання не є однозначним і потребує глибшого дослідження. Параметри і показники цих впливів слід розрізняти за ступенем їх інерційності, консервативності, можна уточнювати, виправляти або змінювати в процесі експлуатації шахти. Отже, визначати ступінь обґрунтування будь-якого параметра, рівень ризику під час прийняття рішення та ставлення до ризику [1].

Охорона надр і раціональне використання ресурсів. Охорона надр – комплекс технічних і правових заходів, здійснюваних з метою найповнішого (комплексного) видобування корисних копалин з надр і максимально можливого, економічно доцільного зменшення втрат. Охорона надр здійснюється на всіх стадіях розвідки і промислового освоєння родовища корисних копалин: під час геологорозвідувальних робіт, у період проектування, будівництва, експлуатації та ліквідації гірничовидобувних підприємств і списання забалансових запасів. Конкретні організаційно-технічні заходи повинні визначатися на стадії складання проекту на розробку родовища.

Гірничовидобувні підприємства зобов'язані в процесі гірничо-будівельних і гірничоексплуатаційних робіт здійснювати попереджувальні заходи, що забезпечують збереження земної поверхні та розташованих на ній водойм, лісів та інших природних об'єктів від шкідливого впливу робіт. Сутність раціонального використання природних ресурсів слід оцінювати і розглядати з позицій максимального задоволення потреб у паливі та сировині з урахуванням мінімального ризику і найбільш повного використання всіх компонентів корисної копалини за оптимального співвідношення витрат і отриманого результату без нанесення шкоди довкіллю.

Охорона та рекультивація земної поверхні. Сучасний розвиток і вдосконалення вугільної промисловості неминуче викликають порушення земельних ресурсів, їх зневоднення й забруднення.

Про масштаби негативного впливу підприємств вугільної промисловості на земельні ресурси свідчать такі дані: сьогодні видобуток підземним способом 1 тис. т вугілля супроводжується вилученням 200–400 т породи, а на окремих шахтах Донбасу – понад 80 т, у разі відкритої розробки – понад 4–5 тис. т. Внаслідок цього на поверхні землі утворюються скупчення невикористовуваних гірських порід у вигляді відвалів, більшість яких абсолютно несприятливі для росту і розвитку рослин через високу кислотність і надмірний вміст солей, вільних металів і сірки. Породні відвали докорінно видозмінюють і перетворюють навколишній природний ландшафт на значних територіях.

Будь-які види зрушень підроблених масивів гірських порід порушують навколишнє середовище, поверхню та гідрогеологію підземних вод, склад

і структуру ґрунтів, спричиняють підтоплення, зсуви, обвали, деформацію будівель і споруд, провали земельних масивів тощо. Досвід країн з розвиненою вугледобувною промисловістю свідчить, що під час оцінки наслідків гірничовидобувних робіт акцентувати увагу слід на характері та інтенсивності пошкодження землі.

Вугільні шахти Донбасу – одні з найбільш значних джерел впливу на сході України. Порівняно з ситуацією наприкінці 2014 р. стан шахт значно змінився (табл. 1).

Охорона повітряного басейну. Єдиним критерієм оцінки забруднень атмосфери є гранично допустимі концентрації речовин зовнішнього середовища, а основною фізичною характеристикою домішок атмосфери – їх концентрація (кількість речовини в одиниці об'єму повітря за нормальних умов, зазвичай в мг/м^3).

Атмосферні перетворення та взаємодії забруднювачів, а також процеси розбавлення, осідання, адсорбції й абсорбції не запобігають накопиченню в земній атмосфері шкідливих речовин, вплив яких поширюється на великі території. Це викликає необхідність ретельного і дієвого контролю ступеня забруднення повітря для збереження чистоти атмосфери. Зазвичай атмосфера забруднюється газами CH_4, NO_2, CO, CO_2, SO_2, H_2S, пилом і сажею [2].

Джерелами забруднення атмосфери шкідливими газами і пилом у вугільній промисловості є шахтні стволи, вибої розрізів, поверхневі комплекси шахт і розрізів, породні відвали, вугільні склади, сортувально-дробильні та збагачувальні фабрики, кар'єрні дороги, промислові ТЕЦ і комунально-побутові котельні тощо.

Охорона та раціональне використання водних ресурсів. Загальне навантаження на водні ресурси

Таблиця 1

Стан вугільних шахт на сході України

	Січень 2014 р.	Листопад 2017 р. **	Листопад 2018 р. **	Листопад 2019 р. **
Шахти, які експлуатуються	150	104 (29/75)	99 (24/75)	97 (22/75)
У водовідливному режимі	14	17 (1/16)	14 (2/12)	14 (2/12)
В процесі затоплення	36	36 (1/35)	39 (1/38)	39 (1/38)
На стадії ліквідації	100	70 (6/64)	70 (6/64)	70 (6/64)
Зняті з обліку у зв'язку із завершенням ліквідаційних робіт	0	0	5/0	2/0
Всього	**227**	**227 (37/190)**	**222 (33/189)**	**220 (31/189)**

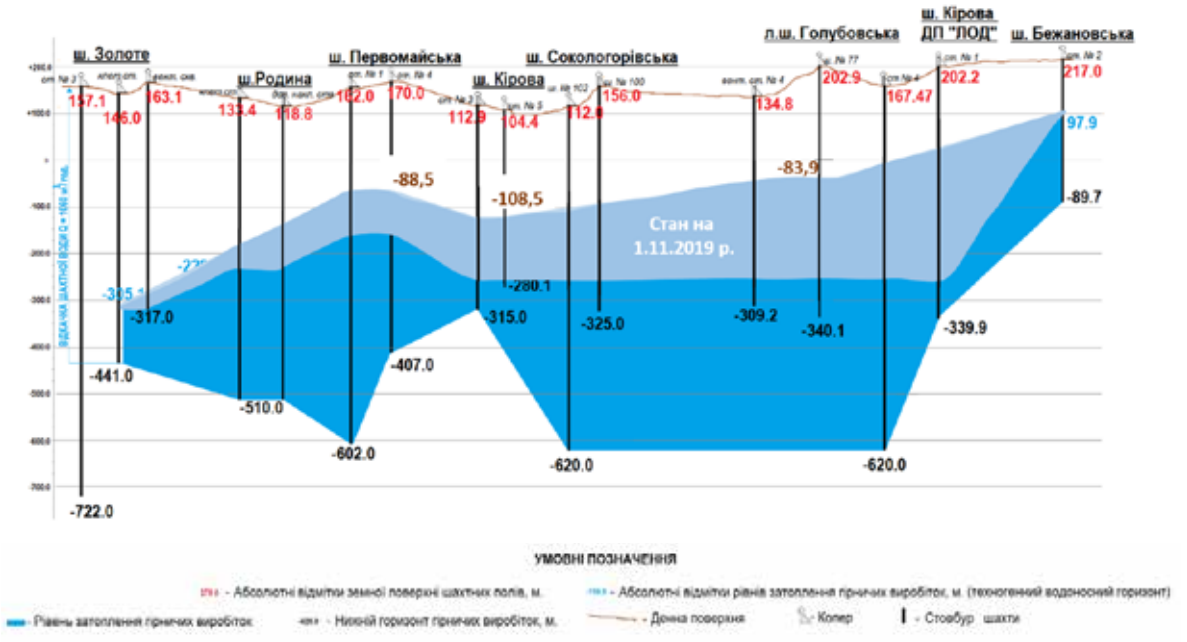

Рис. 1. Рівень затоплення вуглевидобувних підприємств Луганської області станом на 01.11.2019

останнім часом різко зростає. Процес вичерпання та забруднення поширюється і на підземні води. Інтенсивний забір води протягом останніх десятиліть призвів до того, що на окремих водних територіях рівень ґрунтових та підземних вод знизився більш ніж на 200 м і продовжує знижуватися. У результаті виникла серйозна проблема осідання ґрунту і провалів [3].

Вугільні підприємства споживають для власних потреб порівняно невелику кількість води, але значно впливають на стан поверхневих і підземних вод. Безпосередньо шахтні та кар'єрні води формуються за рахунок ґрунтових, тріщинних і карстових підземних вод, а також дренуючих вод з гідрографічної мережі, інфільтрації атмосферних опадів та технологічних вод основного виробництва. До стічних вод вугледобувного виробництва належать води поверхневого і промислового стоків. Вугільні підприємства можуть забруднювати водойми також відпрацьованими промисловими водами та звичайними каналізаційними стоками. На першій стадії здійснюється механічне очищення, яке призначене для видалення суспензій і дисперсно-колоїдних частинок. Подальше очищення від хімічних речовин здійснюється фізико-хімічними (флотація, абсорбція, іонообмін, дистиляція, зворотний осмос та ультрафільтрація й інші), хімічними (реагентне очищення), електрохімічними та біологічними методами. Відходи видобутку і збагачення вугілля є небезпечними джерелами забруднення водних ресурсів. Водні й агрохімічні властивості ґрунтів у зоні, прилеглій до відвалів, на відстані 80–130 м від його основи мають тенденцію до погіршення. Зростає мінералізація вод, збільшується вміст заліза й алюмінію.

Альтернативний підхід до вирішення цієї проблеми запропоновано автором [4]. Ґрунтові води в зоні впливу відвалів шахт відрізняються підвищеним вмістом заліза, сульфатів, алюмінію, а також великими значеннями загальної жорсткості. Шахтний водовідлив порушує динаміку підземних вод.

Відкачування вод із шахт і розрізів змінює гідрогеологічний режим цілих районів: на прилеглих територіях зникають водні джерела, пересихають колодязі, повністю осушуються водоносні горизонти. Це вимагає спеціальних методів їх охорони під час розробки родовищ.

Як приклад наведено стан діючої шахти «Золоте» та шахт «Первомайська» і «Голубівська», гідрогеологічно пов'язаних між собою, на яких припинено відкачування шахтних вод. При цьому шахтні води перетікають з шахт «Голубівська», «Первомайська» через виробки шахти «Родіна» на «Золоте», а далі на шахти «Карбоніт» та «Гірська».

Як видно з рис. 1., протягом останніх двох років з 1.11.2017–1.11.2019 рр. абсолютна відмітка затоплення гірничих виробок зросла до: ш. Первомайська – 88,5; ш. Кірова – 108,5; ш. Голубовська – 83,9.

Затоплення гірничих виробок шахти «Золоте» і, як наслідок, припинення відкачування шахтних вод з шахт, що гідрогеологічно пов'язані з нею, може призвести до таких негативних техногенно-екологічних наслідків:

– скиду високомінералізованих забруднених шахтних вод у водоймища і маленькі річки, при цьому вийдуть з ладу колодці індивідуального водокористування та великі водозабори, які забезпечують питною водою весь Первомайсько-Стаханівський регіон;

– зміни фізико-механічних властивостей вміщуючих гірських порід та виникаючі при цьому додаткові їх зрушення, і, як наслідок, утворення на поверхні провалів над пустотами у підземному просторі;

– обрушення гирл стволів, гірничих виробок, що мають вихід на поверхню, та прилеглої земної поверхні, у зв'язку з її просадкою, порушенням гирл гірничих виробок, з можливим підтопленням;

– виникнення неконтрольованого виходу шахтних газів, зокрема метану, на поверхню в районах затоплення гірничих виробок закритих шахт;

– порушення нормального функціонування шахтарських міст и селищ, які на момент закриття шахт були неодноразово підроблені гірничими виробками;

– активізація процесів деформації породи у зв'язку з їх розмоканням, у разі затоплення шахт, що може викликати додаткові пошкодження будівель і споруд.

Виклад основного матеріалу. Сконструюємо систему в натуральних ресурсних показниках шляхом укрупнення класифікації ресурсів для використання їх під час розрахунку наскрізної ресурсоємності: сировина, основні і допоміжні матеріали, паливо, енергія усіх видів, амортизація основних фондів, трудові ресурси, інші витрати ресурсів. Структура витрат ресурсів належить до техногенної компоненти природно-техногенної системи будь-якого гірничодобувного підприємства. Витрати природних ресурсів під час функціонування цієї системи включають відчуження земель на розміщення виробничих та інших об'єктів, знищення земель у вироблених просторах кар'єрів, зонах провалів шахт, використання земель за їх прямим призначенням у зонах рекреації і комунального господарства, знищення або ушкодження підземних гідрогеологічних систем, поверхневих систем, порушення цілісності літосфери, порушення біоценозів. Такі витрати природних ресурсів мають місце під час виробництва основних і допоміжних матеріалів, палива, енергії, а також будівельних матеріалів на спорудження будівель, металу на створення машин і устаткування тощо. З урахуванням наведених позицій, можна відтворити процес ресурсоспоживання під час функціонування гірничовидобувного підприємства, який характеризуватиметься повною ресурсоємністю [5–12] (рис. 2).

Показник ефективності (ресурсоємність) враховує як ресурси, використовувані безпосередньо під час виготовлення одиниці продукції, так і частину

ресурсів, задіяних на виготовлення засобів праці (устаткування, будівель, споруд, транспортних пристроїв), які амортизуються, а також задіяних у соціальній сфері на основному виробництві та в інших галузях промисловості, що обслуговують це виробництво. Проте джерелом будь-якого речового або енергетичного ресурсу є природне середовище – екотоп. У результаті вилучення з природного середовища будь-якого виду ресурсу різною мірою порушуються ґрунт, підземні або поверхневі води, атмосфера, біота, літосфера.

Отже, критерієм оцінки ефективності господарської діяльності людини може бути наскрізна повна ресурсоємність конкретного виду діяльності, яка приведена до природних ресурсів або, точніше, до антропо-екологічних ресурсів. Скорочено наведений термін нами позначається як «інтегральна екологічна ресурсоємність», що враховує витрати ресурсів як прямі, так і опосередковані (у вигляді устаткування, будівель і споруд, соціальної інфраструктури).

Встановленню інтегральної екологічної ресурсоємності передує перелік задіяних у процесі технологічного освоєння природних ресурсів, які класифікуються за характером використання (відчужувані, ушкоджені, знищені) і за типом компоненти природного середовища (землі, підземні і поверхневі води, атмосферне повітря, біотичні системи, людські ресурси). Тобто задіяні в процесі освоєння природні ресурси можна представляти у вигляді матриці, побудованої за одним показником, – інтегральним показником впливу.

Таке приведення здійснюється на основі науково обґрунтованого методологічного принципу, що базується на глибокому аналізі природного середовища

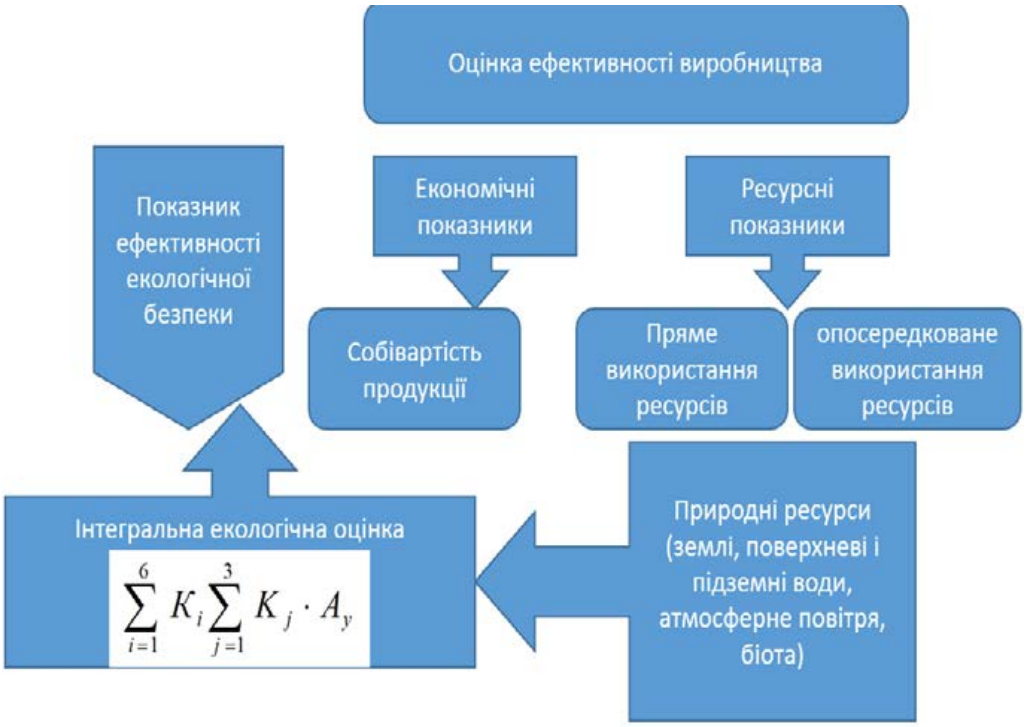

Рис. 2. Схема екологічної оцінки ефективності промислових технологій

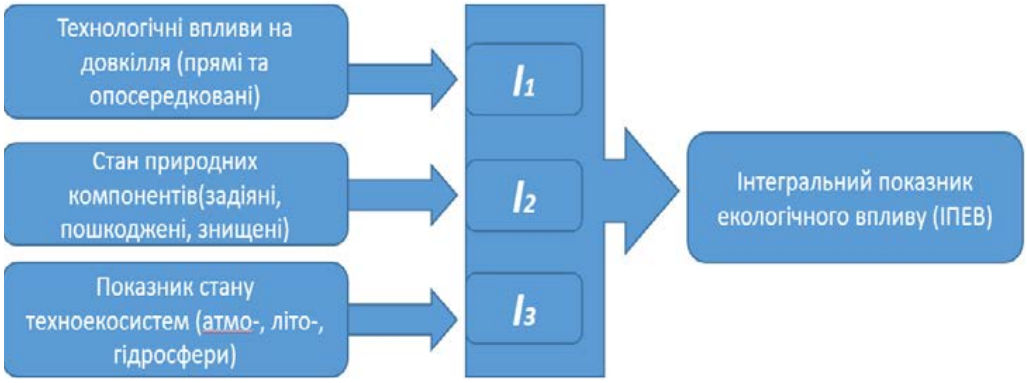

Рис. 3. Схема розрахунку інтегрального показника екологічного впливу

території. У процесі технологічної діяльності певним чином деформується природне регіональне середовище, змінюються способи його функціонування, перебудовуються внутрішні зв'язки. Ці перебудови не повинні порушувати здатність природних систем території до їх стійкого існування. Роль кожної з компонент природного середовища в забезпеченні її стійкості різна. Методологічною основою встановлення «ваги» природних компонент прийнято метод, що синтезує два способи оцінки: експертної оцінки і математичного моделювання.

Під час реалізації задачі екологічної оцінки функціонування промислових підприємств доцільно перейти від урахування обсягів споживання ресурсів природного середовища до визначення розміру впливів виробництва на компоненти природного середовища, що є носіями цих ресурсів.

Принципи визначення кількісних параметрів впливу на природні системи наведено на рис. 3.

Наведена на рис. 3 структура технологічних впливів належить до техногенної компоненти природно-техногенної системи, яким є будь-яке промислове підприємство. Технологічні впливи характеризують використання природних ресурсів під час функціонування цієї системи, включають відчуження земель не за їх природним призначенням, а на розміщення виробничих та інших об'єктів, фіксують знищення земель у вироблених просторах кар'єрів, зонах провалів шахт, використання земель за їх прямим призначенням у зонах рекреації і комунальному господарстві, знищення або ушкодження підземних гідрогеологічних систем, поверхневих систем, порушення цілісності літосфери, порушення біоценозів. Таке використання природних ресурсів має також місце під час виробництва основних і допоміжних матеріалів, палива, енергії, а також будівельних матеріалів на спорудження будівель, використання металу на створення машин і устаткування тощо. Отже, за схемою можна відтворити процес технологічного впливу на природне середовище під час функціонування гірничодобувного підприємства, який характеризуватиметься інтегральним показником екологічного впливу (ІПЕВ).

Методика розрахунку інтегрального показника екологічного впливу технологій на довкілля. Інтегральний показник екологічного впливу враховує як прямі екологічні впливи, які мають місце безпосередньо під час виготовлення одиниці продукції, так і опосередковані впливи, які існують під час виготовлення засобів праці (устаткування, будівель, споруд, транспортних пристроїв), що амортизуються, а також задіяних у соціальній сфері на основному виробництві та інших галузях промисловості, обслуговуючих це виробництво.

Об'єктом впливу під час отримання речовинного або енергетичного ресурсу є природне середовище. В результаті вилучення з природного середовища будь-якого виду ресурсу порушується різною мірою ґрунт, підземні або поверхневі води, атмосфера, біота, літосфера. У зв'язку з цим критерієм ефективності природоохоронного заходу є показник інтегрального впливу на довкілля, що враховує як прямі, так і опосередковані впливи (рис. 2).

Під час встановлення інтегрального екологічного впливу у процесі технологічного освоєння природних ресурсів їх необхідно класифікувати за характером використання – відчужувані, ушкоджені, знищені.

Принципи визначення коефіцієнтів приведення.

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.

Коефіцієнти інтегрального впливу визначені за формулами:

$$K^A = \frac{B_A}{B_A},\ K^Z = \frac{B_Z}{B_A},\ K^W = \frac{B_W}{B_A}, \qquad (1)$$

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

Методологія комплексної оцінки вимагає застосування єдиного підходу під час зведення компонентів з різним станом порушення природної компоненти.

Алгоритм виконання розрахунку інтегрального екологічного впливу. Виконання екологічної оцінки природоохоронних заходів здійснюється приведенням показників впливу на основні компоненти природного середовища до єдиного інтегрального показника екологічного впливу (ІПЕВ).

Алгоритм інтегрального оцінювання природоохоронного заходу складається з наступних кроків:

1. Аналіз заходу.

2. Комплексна оцінка прямих впливів на компоненти довкілля.

Встановлення величини зменшення викидів в атмосферу за інгредієнтами через коефіцієнт приведення для конкретних обсягів викидів:

– пил;
– оксид вуглецю – CO;
– оксиди азоту – NO_x;
– діоксид сірки – SO_2.

Переведення прямих викидів (NO_x, SO_2 та пилу) до CO-еквіваленту через коефіцієнт здійснюється за формулами:

$$A_{CO-экв.} = A_{NO_x} \times K_{пр.}^{NO_x} + A_{SO_2} \times K_{пр.}^{SO_2} + A_{пил} \times K_{пр.}^{пил} + A^{CO} \times 1; \qquad (2)$$

$$K_{пр.}^{NO_x} = \left(\frac{ГДК_{CO}}{ГДК_{NO_x}}\right);\ K_{пр.}^{SO_2} = \left(\frac{ГДК_{CO}}{ГДК_{SO_2}}\right);\ K_{пр.}^{пил} = \left(\frac{ГДК_{CO}}{ГДК_{пил}}\right). \qquad (3)$$

3. Визначення опосередкованих впливів.

4. Розрахунок параметрів опосередкованого впливу за компонентами.

5. Приведення параметрів прямого впливу до інтегрального показника екологічного впливу (ІПЕВ).

6. Приведення параметрів опосередкованого впливу до інтегрального показника екологічного впливу (ІПЕВ).

Отже, виконання розрахунків за запропонованою методикою дозволяє визначити та звести впливи на окремі компоненти до єдиного показника впливу на навколишнє середовище. Чисельні значення інтегральних показників екологічного впливу (ІПЕВ) корелюють зі ступенем їх важливості чи іншого заходу для стабілізації довкілля.

Як приклад, у роботі наведено розрахунок для промислових комплексів вуглевидобувних підприємств Мінекоенерго. Припустимо, що деякий промисловий комплекс вуглевидобувного підприємства (ПКВП) функціонує в гармонії з НПС. Це означає, що його викиди ніяк не псують атмосферне повітря: його скиди перебувають у межах рибогосподарських нормативів, землі перебувають у стані, який відповідає дотехногенним параметрам, а його діяльність дає робочі місця та наповнює бюджети. Таке ПКВП можна вважати екологічно чистим.

Під час оцінки будь-якого іншого конкретного ПКВП чи іншого підприємства необхідно визначити умовну «відстань», яка його відділяє від екологічно чистого. За міру такої «відстані» приймаємо величину вартісних витрат, які необхідно було б понести цьому підприємству на природоохоронні заходи для досягнення такого ж екологічно безпечного стану.

На основі аналізу статистичних даних та експертних оцінок приймаємо величини вартісних витрат, які необхідно понести при здійсненні повної реабілітації ПКВП, та обґрунтовано визначити коефіцієнти приведення компонентів довкілля до ІПЕВ.

Так, витрати для повного очищення викидів в атмосферу становлять 15 ум. од./т (B_A=15 ум.од./т), витрати для повного очищення скидів в гідросферу та їх доведення до рибогосподарської якості – 255 ум.од./тис. м^3 (B_W=255 ум.од./м^3), для реабілітації одного гектара знищених і непридатних до використання земель літосфери необхідно витратити близько 75 тис. умовних вартісних одиниць (B_Z=75 ум.од./га).

Враховуючи, що одним із обновних завдань упровадження природоохоронних заходів є збереження клімату, як базовий показник для визначення коефіцієнтів приведення (K^A, K^Z, K^W) прийнято вартісний показник очищення атмосферного повітря (CO_2-еквівалент забруднення):

$$K^A = \frac{B_A}{B_A},\ K^Z = \frac{B_Z}{B_A},\ K^W = \frac{B_W}{B_A}. \quad (4)$$

Результати розрахунку коефіцієнтів приведення до ІПЕВ наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти базового показника ІПЕВ

Вплив на довкілля	$K^{(Z,W,A)}$
Порушення літосфери	5,0 $CO_{2\text{-екв.}}$/га
Скиди у гідросферу	17,0 $CO_{2\text{-екв.}}$/тис. м^3
Викиди в атмосферу	1,0 $CO_{2\text{-екв.}}$/т

Сумарна оцінка виконання природоохоронних заходів вуглевидобувних підприємств в одиницях інтегрального показника впливу становить:

$$I_{ІПЕВ} = \frac{\Sigma\Sigma I_{ІПЕВ} \times 100}{\Sigma\Sigma I^{\max}_{ІПЕВ}} = \frac{1606181 \times 100}{5004680} = 32\%. \quad (5)$$

Отже, у разі виконання підприємством намічених ним завдань проблема гармонізації природокористування в межах його діяльності буде виконана лише на 32%. Тому цей варіант природоохоронних заходів слід визнати недостатнім. Необхідно або запланувати нові, більш дієві природоохоронні заходи, або визнати рівень вимог з боку державних органів нереально завищеними.

Головні висновки. Визначено закономірність впливу промислових комплексів вуглевидобувних підприємств в атмо-, гідро- та літосферу, що дало змогу спрогнозувати ступінь їх екологічної небезпеки за інтегральним показником екологічного впливу: для земельних ресурсів – 5 $CO_{2\text{-екв.}}$/га, водних ресурсів – 17 $CO_{2\text{-екв.}}$/тис. м^3, атмосферного повітря – 1 $CO_{2\text{-екв.}}$/т.

Реалізація наведеної методології дозволяє вирішувати проблеми регіонального природокористування. З її допомогою можна розробити рейтинговий ряд підприємств з позиції доцільності їх функціонування з урахуванням регіональних інтересів. Для цього потрібно за схемою (рис. 2), врахувати розмір відрахувань підприємств у регіональний бюджет та величину техногенного збитку в одиницях інтегрального показника впливу.

Література

1. Керування ризиками в гірничодобувній діяльності: Г.Г. Півняк, М.М. Табаченко, Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський. Донецьк : НГУ,2015. 288 с.
2. Статистичний збірник «Довкілля України». Київ, 2017. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/.
3. Ермаков В.Н. Развитие процессов подтопления земной поверхности под влиянием закрывающихся шахт / [В.Н. Ермаков, А.П. Семенов, Р.А. Улицкий, Е.П. Котелевец, А.В. Тарахкало]. *Уголь Украины*. 2001. № 6, С. 12–14.
4. Лунева О.В., Костенко В.К., Матлак Е.С. Альтернативный подход к решению проблемы деминерализации шахтных вод. *Вісті гірничого інституту.* № 2. 2010. С. 179–186.
5. Шапар А.Г., Скрипник О.О., Копач П.І., Луньова О.В. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка наукових основ збалансованого функціонування складних техноекосистем та шляхи його досягнення» № ДР 0107U011874 (протокол № 24 від 23.12.2015 р)/ ІППЕ НАН України, м. Дніпропетровськ, 2015 р. 130 с.

6. Копач П.І., Романенко В.Н., Данько Т.Т., Горобець Н.В., Тараканова Н.П. Макарова А.Ю. Методологія комплексної оцінки природоохоронних заходів. *Екологія природокористування*. 2015. Вип. 19.
7. Луньова О.В. Методологія вибору технологічних рішень оптимізації функціонування техноекосистем. *Геотехнічна механіка : міжвід. зб. наук. праць.* Дніпро, 2018. вип. 141. с. 42–48.
8. Єрмаков В.Н., Луньова О.В., Аверин Д.Г. Основні ознаки складних техноекосистем та їх збалансованість. *Вісті Донецького гірничого інституту.* № 2(39). Покровськ. 2019, с. 150–156.
9. Луньова О.В. Моделювання сценаріїв розвитку техноекосистем. *Геотехнічна механіка : міжвід. зб. наук. праць.* Дніпро, 2019. Вип. 141. С. 42–48.
10. Mäler K.G. Sustainable development and resilience in ecosystems / *Environmental and resource economics.* 2008. Vol. 39, № 1. P. 17–24.
11. Mori A.S. Ecosystem management based on natural disturbances: hierarchical context and non-equilibrium paradigm. *Journal of Applied Ecology.* 2011. Vol. 48, № 2. P. 280–292.
12. Loreau M. Biodiversity and ecosystem functioning. Synthesis and Perspectives / M. Loreau, S. Naeem, P. Inchausti. Oxford : University Press, 2002. 294 p.