

УДК 379.85:712.23: 332.32

*О.О. Скрипник***ПРОСТОРОВІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ  
ВТОРИННИХ ЕКОСИСТЕМ ЯК ЗАСОБУ  
ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ  
ПОРУШЕНИХ ГІРНИЧИМИ РОБОТАМИ  
ЗЕМЕЛЬ \****Інститут проблем природокористування та екології НАН України, Дніпропетровськ*

**Розроблено формальний метод визначення екологічного ризику від порушених гірничими роботами земель. Обґрунтовано параметри оцінки стану вторинних екосистем, доведенням яких до природної норми, можливо компенсувати екологічні збитки. Розроблена схема впливу на просторові параметри поверхні відновлення для формування вторинних екосистем.**

**Разработан метод формального определения экологического риска от нарушенных горными работами земель. Обоснованы параметры оценки состояния экосистем, приведением которых к природной норме, можно компенсировать экологический ущерб. Разработана схема влияния на пространственные параметры поверхности восстановления для формирования вторичных экосистем.**

**Вступ**

Екологічна безпека є одною з основних складових сталого розвитку. Управління екологічною безпекою потребує оцінки екологічних ризиків, особливо кількісної, методи якої тільки почали розроблятися [1]. Існує ряд концепцій визначення екологічних ризиків: як небезпеки, як ймовірності [2], як загрози збитків [3], як ймовірності збитків [4]. Остання концепція є найбільш повною і визначає ризик як добуток ймовірності на магнітуду збитків [5].

Визначення параметрів екологічних ризиків ускладнюється багаточисельністю впливів та їх багатомірністю, наявністю комбінованого ефекту та іншим. Зазвичай розглядаються геохімічні впливи забруднення навколишнього середовища [6], хоча вони і не вичерпують всіх збитків, які виникають від існування об'єктів техносфери. Найважливішими впливами вважаються ті, що впливають на здоров'я людини [7], вплив на стан навколишнього середовища розглядається як другорядний. Однак, саме кризові зміни параметрів навколишнього середовища спричиняють всі наступні природні, ресурсні, інформаційні, людські, фінансові та інші втрати. Визначення екологічних ризиків для навколишнього середовища є

базовою процедурою і вимагає ретельного обґрунтування.

Відомо, що землі, порушені гірничими роботами, є джерелом негативного впливу на навколишнє середовище. Кількісне визначення екологічної безпеки гірничодобувних підприємств [8], оцінка впливів гірничодобувних підприємств на навколишнє середовище [9], розробка критеріїв екологічної безпеки відвалів вугільних шахт [10] дають змогу узагальнити основні екологічні впливи порушених земель. Виникає необхідність вирішення задачі визначення екологічних ризиків для навколишнього середовища від порушених земель гірничодобувних підприємств.

Управління екологічною безпекою передбачає зменшення екологічних ризиків. Існує можливість зменшення екологічних ризиків вже під час формування просторових параметрів порушених земель на останніх стадіях технологічних процесів. Одним з найперспективніших напрямків управління є розробка заходів формування вторинних екосистем. Першочерговими задачами, які потребують вирішення, є визначення просторових параметрів порушених земель та вторинних

© Скрипник О.О., 2010

\* Робота виконана під науковим керівництвом чл.-кор. НАН України А. Г. Шапара

екосистем, які забезпечують найменші екологічні ризики.

Дослідження виконувались на порушених землях гірничодобувних підприємств Криворізького залізрудного та Нікопольського марганцеворудного басейнів. Бази даних формувались на основі спостережень екологічних збитків, які можуть бути заподіяні навколишньому середовищу через вплив порушених земель.

Просторові параметри оцінювались з використанням топографічних карт, маркшейдерських, геодезичних зйомок, космічних знімків та цифрових моделей рельєфу різних

масштабів (1:2 000 - 1:200 000). Для кількісної оцінки екологічних ризиків застосовувався метод А.Б. Качинського [5].

Для визначення стану екосистем навколишнього середовища використовувались стандартні ґрунтознавчі [11] та геоботанічні [12] методи. Для виконання просторового аналізу використано методи визначення морфометричних параметрів [13], геофізичної диференціації [14], географічних інформаційних систем [15]. Оцінка екологічних збитків виконувалась у відповідності до методичних підходів до вибору та обґрунтування критеріїв і показників сталого розвитку [16].

### Основні результати досліджень

*Екологічні ризики від порушених гірничими роботами земель.* Екологічні ризики виникають коли впливи, джерелом яких є порушені землі, загрожують нанесенням екологічних збитків. Екологічними в межах концепції природокористування за Н. Ф. Реймерсом [17] вважаються збитки нанесені господарству. У відповідності до концепції сталого розвитку екологічні збитки треба розглядати як шкоду нанесену живим організмам через зміну параметрів навколишнього середовища. Основою збалансованого функціонування навколишнього середовища, підтримки оптимальних екологічних параметрів є екосистеми, які демонструють здатність до саморегуляції, самовідтворення, самовідновлення. Таким чином, нанесення збитків екосистемам є джерелом всіх похідних від цього екологічних збитків: здоров'я людини, ресурсної бази господарства, клімату тощо.

Екосистеми включають кілька елементів, таким чином, і екологічні збитки для екосистем включають кілька видів збитків, які нанесені кожному з елементів. Для визначення інтегрального показника магнітуди збитків необхідно віднайти їх загальну міру. Екосистеми є явищами територіальними, отже, єдиною мірою всіх елементів є площа збитку.

Для коректного застосування оцінки екологічних ризиків показників площі збитку потрібно наступне:

а) привести величину показника площі збитку до реальної площі поверхні у тривимірному просторі ділянки враження, що обліковується;

б) привести величину показника площі збитку до безрозмірної величини планіметричного збитку.

Очевидно, що вплив техногенних об'єктів може визивати враження екосистем в діапазоні змін, аж, до повного знищення. Інтенсивність враження визначається експертним шляхом [16] відповідно до нормованості значень основних показників стану екосистем. Величини оцінок при цьому необхідно привести до безрозмірної форми у діапазоні змін (0,0 – 1,0).

Екологічні збитки охоплюють атмосферу, гідросферу, літосферу, однак для функціонування наземних екосистем визначальними є збитки базових елементів екосистем: ґрунтів та біоти.

Ґрунти накопичують в собі забруднення атмосфери, ґрунтових вод та є джерелом їх повторного забруднення під дією вітру, фільтрації та поверхневого стоку, тобто є центральною ланкою ланцюга забруднення. Ґрунти в своєму природному стані мають буферність, яка здатна нейтралізувати негативні впливи, зв'язувати токсичні речовини. Екологічні збитки стану ґрунтів неодмінно відбиваються в стані наземних екосистем у вигляді розвитку вітрової та водної ерозії, втрати родючості та інших деградаційних процесів.

Біота є найбільш активним елементом екосистем. Вона на основі засвоєння енергії сонячного випромінювання може здійснювати компенсацію екологічних збитків, в тому числі, накопичення органічної речовини ґрунтів, захист їх поверхні від дії вітру та поверхневого стоку, стабілізацію газового

складу атмосфери, поглинання пилу. Стан біоти визначає здатність екосистем протистояти техногенним впливам.

Ієрархія показників стану екосистем формується з 3 рівнів: екосистемний, елементний, атрибутивний. Враження елементів екосистем визначається за показниками їх стану. Досить потужні множини показників стану базових елементів екосистем можна спростити вибором основних з них та надати їм критеріальної ваги.

В першому наближенні в якості критеріїв враження ґрунтів треба розглядати дефіцит органічної речовини, дезагрегованість, забрудненість важкими металами.

Збитки від враження біоти є дуже динамічними, багатоплановими та багатоаспектними. Оцінка багатьох з них потребує застосування складних вимірювальних засобів та апаратури стеження, тому найбільш інформативними слід вважати показники враження рослинних угруповань. В першому на-

ближенні оцінювати збитки від враження біоти необхідно через – втрату загального проективного покриття, біорізноманіття та біомаси рослин. Структурна схема агрегованого показника стану екосистем (рисунок 1) дозволяє визначити інтенсивність враження екосистем від дії порушених гірничими роботами земель за формулами (1,2,3,):

$$D = (D_s + D_b)/2; \quad (1)$$

$$D_s = (d_o + d_a + d_z)/3; \quad (2)$$

$$D_b = (d_p + d_v + d_m)/3. \quad (3)$$

Процеси враження екосистем можуть мати детермінований або стохастичний характер. Якщо визначено закон, за яким відбувається процес враження, то він має детермінований характер і ймовірність результату дорівнює для фізичних процесів 100%, ймовірність виконання біологічних та ґрунтових закономірностей підтверджується з ймовірністю не менш як 95%, кліматичних 66%.

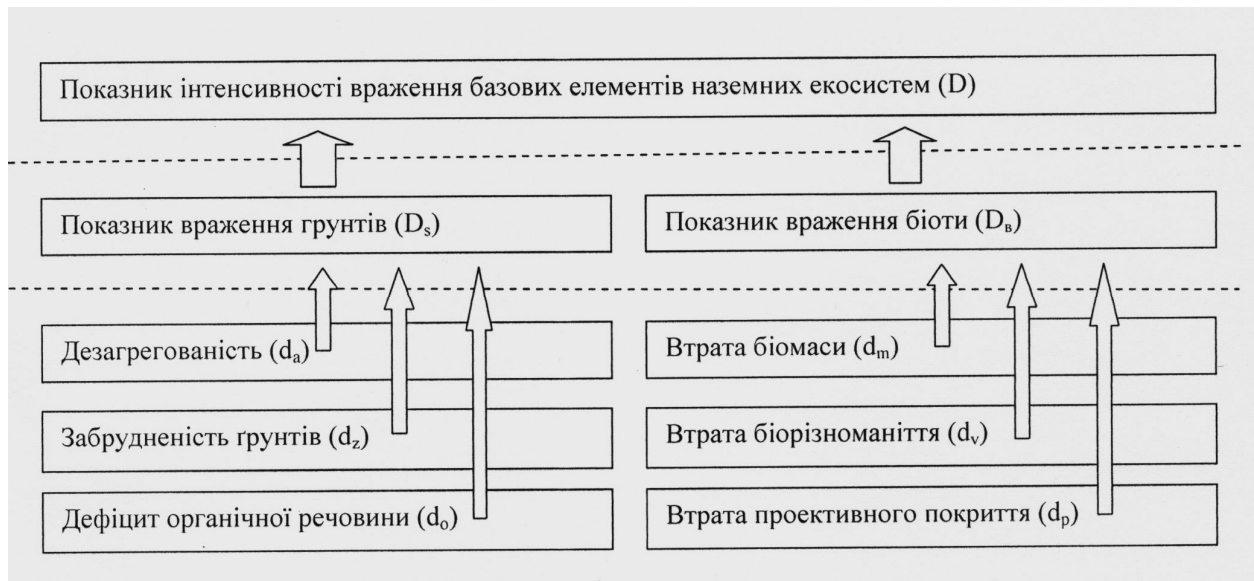


Рисунок 1 – Структурна схема агрегованого показника інтенсивності враження базових елементів наземних екосистем

Але екологічні процеси відбуваються під дією множини факторів, під час їх розвитку виникає невизначеність, і вірогідність виникнення результатів значно зменшується, процеси набувають стохастичного характеру. Таким чином, показники ризику формуються окремо за кожним видом впливу, що визиває екологічні збитки, які можуть бути розраховані за формулою:

$$r_e = VS_d D, \quad (4)$$

де  $r_e$  – екологічний ризик впливу;  $V$  – ймовірність впливу;  $S_d$  – безрозмірна величина планіметричного збитку;  $D$  – інтенсивність враження від впливу.

Дослідження свідчать, що основними видами впливу порушених земель, які формують екологічні ризики, є наступні:

- знищення екосистем на місці розташування порушених гірничими роботами земель ( $r_{ea}$ );
- забруднення навколишніх земель поверхневим стоком ( $r_{ef}$ );
- забруднення навколишніх земель під дією вітру ( $r_{ew}$ );
- порушення режиму зволоження ( $r_{eu}$ ).

Інтегральний показник екологічного ризику ( $R_e$ ) визначається як сумарний з екологічних ризиків окремих видів впливів. Інтегрування ризиків видів впливу виконується за методом середнього арифметичного:

$$R_e = (r_{ea} + r_{ef} + r_{ew} + r_{eu}) / 4. \quad (5)$$

Співвідношення небезпечних видів впливу визначається перш за все у відповідності до морфометричних показників поверхні порушених гірничими роботами земель. За проведеними розрахунками найменші ризики від відвалів розкритих порід підприємств Криворізького залізрудного та Нікопольського марганцеворудного басейнів виникають при внутрішньому відвалоутворенні, а при зовнішньому – при найбільших кутах нахилу відкосів. Управління екологічними ризиками забезпечується через регулювання морфометричних показників поверхні, здійснення яких забезпечується можливостями сучасної гірничої техніки.

Дослідження екосистем порушених гірничими роботами земель свідчать про те, що значний вплив на формування екологічних ризиків мають вторинні екосистеми, які формуються на порушених гірничими роботами землях. Вони гальмують розвиток процесів вітрової та водної ерозії, компенсують втрати від знищення екосистем. Формування вторинних екосистем є головним способом зменшення екологічних ризиків порушених гірничими роботами земель.

*Формування вторинних екосистем на порушених гірничими роботами землях як технологічна активізація природного процесу.* Після завершення технологічних процесів видобування корисних копалин на денну поверхню здійснюється підйом гірських порід, які фактично не вміщують живих організмів і являють собою вільну екологічну нішу. Вони потрапляють в нові природні умови, які визначають напрямок їх подальшого розвитку. Включаються біосферні механізми компенсації втрат, локалізації збитків, регенерації підсистем. Технологічне

внесення речовини та енергії на окремих етапах природного розвитку дає можливість їх активізувати. Таким чином, відбувається поєднання технологічної і природної складової. Через управління технологічними параметрами з'являється можливість формування дії природних сил творення.

Традиційно технологічні наслідки видобування корисних копалин визначаються за економічною доцільністю. Екологічний ефект і екологічні ризики, зазвичай не розглядаються. Однак, існує ряд варіантів, рівних за економічною ефективністю та різними екологічними ризиками. Вибір варіанту з найменшими екологічними збитками виглядає в сучасних умовах загострення екологічної кризи найбільш доцільним.

Разом з тим, на завершальних стадіях технологічного процесу формуються умови розвитку вторинних екосистем. Вони визначаються якостями порід, які були переміщені на денну поверхню та їх просторовим положенням. Регулюванням просторових та якісних параметрів порушених земель можливо отримати найкращі умови для цільового використання порушених земель.

Під дією різних природних процесів гірські породи одночасно є основою формування вторинних екосистем і джерелом екологічних ризиків для навколишнього середовища. В процесі взаємодії з біотою породи перетворюються на ґрунтоутворні, дають поживні елементи для рослин, мікроорганізмів та тварин. Формування вторинних ґрунтів веде до депонування токсичних елементів, агрегуванню глинистих та суглинистих, піщаних гранулометричних елементів, які можуть переміщуватись під дією вітру та поверхневого стоку, накопиченню вологи та органічної речовини, поглинанню пилу та газів, що сприяє зменшенню екологічних ризиків. Формування рослинних угруповань веде до накопичення біомаси, яка здатна поглинати токсичні речовини, пил, парникові гази, зростання вторинного біорізноманіття, захисту поверхні від дії вітру та поверхневого стоку, що також сприяє зменшенню екологічних збитків. Активізація формування вторинних екосистем потребує значно менших ресурсних витрат і визиває значно менший вплив на навколишнє середовище, ніж витратні технології рекультивативної (таблиця 1).

Таблиця 1 – Енергоємність та відходність за напрямками відновлення екосистем

Напрямок	Енергоємність, ГДж/га	Відходність, кг/га
Сільськогосподарська рекультивация	470,6	8063,4
Лісогосподарська рекультивация	303,0	5108,8
Рекреаційна рекультивация	157,9	2176,4
Активізація формування вторинних екосистем	34,2	390,5

В якості рушійної сили використовується головним чином природна енергія Сонця, гравітаційного поля Землі, дихання живих організмів.

Таким чином, формування вторинних екосистем включає послідовність чергування технологічних та природних етапів (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема формування вторинних екосистем порушених гірничими роботами земель

Загальні принципи такого формування передбачають ресурсозбереження (енерго-, матеріальне-, фінансове-), зменшення відходності, соціальну значимість, мінімізацію екологічних ризиків, охорону навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів.

Розробка технологій формування вторинних екосистем потребує застосування методів оцінки стану, за допомогою яких можна зробити висновки про ефективність застосування технологій. Оцінка стану екосистем є складною науковою задачею і виконується з застосуванням декількох підходів. Для порушених земель найбільш прийнятним є набір параметрів, який дозволяє визначити як абіотичну так і біотичну складову (таблиця 2.) Абіотичні параметри визначаються фізичними методами і можуть бути розраховані за встановленими формальними залежно-

стями. Параметри біотичної складової є зазвичай складними, вони включають значну кількість простих параметрів. Наприклад, параметр вмісту біогенних макроелементів в ґрунтах включають 3 показника вмісту азоту, фосфору, калію. Забезпеченість при цьому за законом Лібіха визначається за найменшим показником. Життєвість визначається за станом окремих видів, кількість яких у вторинних екосистемах може сягати десятків, навіть сотень.

Параметри стану екосистем можуть визначатися вимірюванням за стандартними методами ДСТУ, ДСТУ ISO, ГОСТ, присвоєнням оцінки по аналогії, в результаті експертної оцінки. З одного боку наведена сукупність параметрів і потребує значних витрат ресурсів під час її застосування, з другого боку вона не вичерпує всіх особливостей екосистем, в контексті, наприклад, біо-

логічної активності ґрунтів. Застосування біоіндикаційних параметрів розвитку екосистем, зазвичай, дає характеристики в дуже вузькому діапазоні реакцій. Разом з тим, ме-

тоди біоіндикації розроблені, в основному для випадків катастрофічного забруднення повітря, ґрунтів, води, які на порушених землях виникають не завжди.

Таблиця 2 – Основні параметри оцінки стану екосистем

№	Параметр	Індекс	Одиниці вимірювання
1	<i>Абіотичні параметри</i>		
1.1.	Зволоження	W	% ваг., % об.
1.2.	Забезпеченість теплом	T	%
1.2.1	Сума активних температур	$\sum t_a$	град.
1.2.2	Кількість безморозних днів на рік	q	днів
1.3.	Найменша забезпеченість поживними елементами	E	%
1.4.	Освітлення	L	люкс/м <sup>2</sup>
2	<i>Параметри відновлення ґрунтів</i>		
2.1.	Водно-фізичні параметри	F	
2.1.1	Щільність	$\rho$	г/см <sup>3</sup>
2.1.2	Щільність мінерального скелету	$\rho_s$	г/см <sup>3</sup>
2.1.3	Порозність	p	%
2.1.4	Вміст ґрунтових агрегатів (0,25-10,00 мм)	a	%
2.1.5	Коефіцієнт фільтрації	f	мм/хв
2.1.6	Твердість	h	кгс/см <sup>2</sup>
2.2.	Хімічні параметри		
2.2.2	Склад розчинних солей за стандартним аналізом водної витяжки	s	%
2.2.3	Вміст біогенних макроелементів N,P,K	[N], [P], [K]	%
2.2.4	Вміст біогенних мікроелементів Cu, Zn, Mn, Co, Mb, B	[Cu], [Zn], [Mn], [Co], [Mb], [B]	%
2.2.5	Електропровідність	e	Мсм/см
2.2.6	Показник кислотності середовища	pH	безрозм.
2.2.7	Ємність поглинання	$\xi$	мг-екв/100г ґрунту
2.2.7	Вміст поглиненого Ca <sup>++</sup>	{ Ca <sup>++</sup> }	мг-екв/100г ґрунту
2.2.8	Вміст поглиненого Mg <sup>++</sup>	{ Mg <sup>++</sup> }	мг-екв/100г ґрунту
2.2.9	Вміст поглиненого Na <sup>+</sup>	{ Na <sup>+</sup> }	мг-екв/100г ґрунту
2.3.	Біологічні параметри		
2.3.1	Вміст вуглецю в органічній речовині	C <sub>org</sub>	%
2.3.2	Біологічна активність ґрунтів	bas	%
2.3.3	Забарвлення за шкалою RGB	RGB	безрозм.
3	<i>Параметри відновлення рослинності</i>		
3.1.	Загальне проективне покриття	P	%
3.2.	Біомаса	B	т/га
3.3.	Біорізноманіття	V	
3.3.1	Кількість популяцій	v <sub>p</sub>	безрозм.
3.3.2	Кількість видів	v <sub>v</sub>	безрозм.
3.3.3	Кількість життєвих форм	v <sub>f</sub>	безрозм.
3.6.	Життєвість видів	l	безрозм.

Для загального оцінювання стану екосистем в результаті застосування технологій активізації в першому наближенні може бути використаний досить обмежений набір критеріїв до якого входять наступні: зволоження, забезпеченість теплом, забезпеченість поживними елементами, вміст вуглецю в органічній речовині ґрунтів, вміст цінних агрегатів (0,25-10,00 мм), загальне проективне покриття, біомаса, біорізноманіття. Критерії складають трьохрівневу систему і не є незалежними. Навіть зволоження залежить від забезпеченості теплом через інтенсивність випаровування. В основі системи лежать абіотичні критерії екологічних факторів. Їх відповідність оптимальному рівню визначає розвиток вторинних екосистем, тобто, і стан ґрунтів, і рослинних угруповань. Застосування багаторівневої системи оцінки необхідно для контролю відповідності зв'язків в системі, які не завжди бувають прямими. Причиною цього може бути різноманіття екологічних оптимумів видів рослин, особливості функціонування оптимумів на різних стадіях розвитку рослин та екосистем, вплив тваринного світу та інші.

Крім того, існує технологічна можливість прямого впливу на стан вторинних екосистем,

які здатні через обернені зв'язки покращувати показники критеріїв екологічних факторів і, в цілому, екосистеми. Так, наприклад, пряме внесення осадів стічних вод на поверхню відвалу розкривних порід значно збільшує вміст вуглецю в органічній речовині ґрунтів, вміст біогенних макро- та мікроелементів, що значно впливає на забезпеченість рослин поживними елементами. Дослідження свідчать про те, що на порушених землях відбувається вибух продукції біомаси екосистеми вже в перший рік після внесення.

Стан вторинних екосистем, ефективність заходів з формування екосистем, в першу чергу, залежать від просторового положення поверхні, на якій відбуваються природні процеси самовідновлення.

*Просторові аспекти формування вторинних екосистем.* Формування вторинних екосистем відбувається в просторі, основним елементом якого є поверхня відновлення. Через її будову (рельєф) відбувається формування потоків речовини та енергії, управління якими забезпечує зменшення екологічних ризиків порушених гірничими роботами земель (рисунк 3).

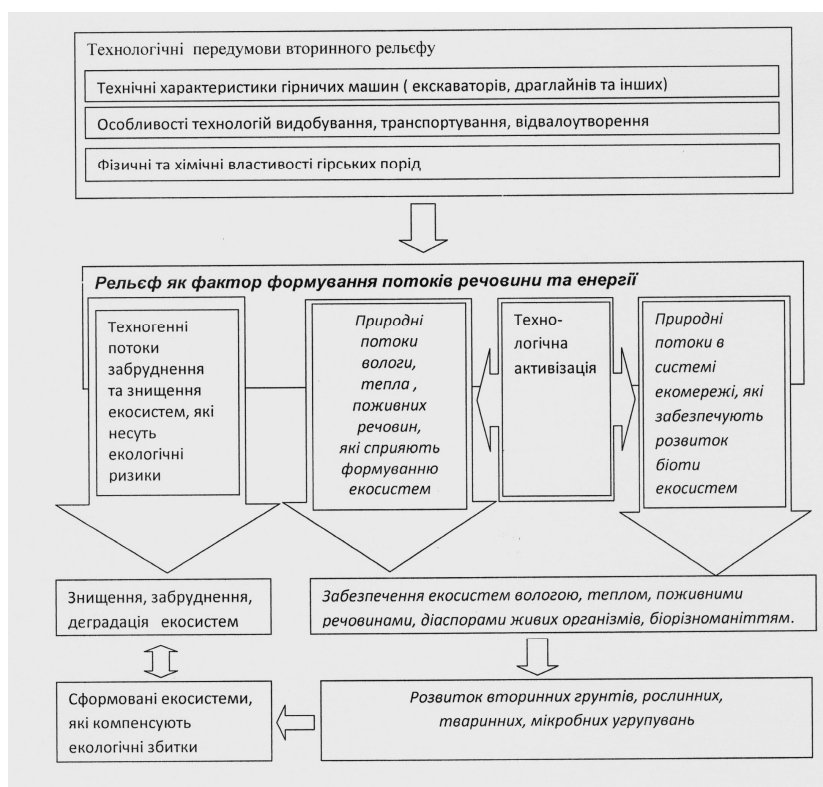


Рисунок 3 – Загальна схема просторової системи зменшення екологічних ризиків порушених гірничими роботами земель

Традиційно рішення просторових задач формування поверхні порушених земель розробляється в горизонтальній проекції, тобто в площині. Це зумовлене, перш за все, міркуваннями зручності графічного відображення в плані та спрощенням розрахунків у двовимірному просторі.

Реальна поверхня відновлення порушених земель розташована у тривимірному просторі. І саме координата висоти над рівнем моря визначає інтенсивність, напрямок, параметри розвитку основних потоків речовини та енергії. Поверхня відновлення об'єднує в собі рельєф (через положення поверхні в тривимірному просторі) і ґрунтоутворні породи (через перетин з нею геологічних поверхонь). Застосування синтетичних підходів розширює можливості і збільшує ступені свободи пізнання. Тривимірність простору поверхні відновлення є результатом послідовного розвитку нульвимірних, одновимірних, двовимірних традиційних уявлень. Мірність дозволяє розглядати елементи системи в логічній послідовності (точка, лінія, площина, поверхня).

Обґрунтування необхідності просторового аналізу поверхні відновлення в тривимірному просторі стало реакцією на бурхливий розвиток комп'ютерних та геоінформаційних технологій кінця двадцятого століття. Використання сучасних досягнень відображення будови топографічної поверхні дозволяє значно поліпшити якість екологічної інформації, перейти на новий рівень екологічних досліджень. Багато задач збору, зберігання, обробки екологічної інформації сьогодні знаходять можливості розв'язання у зв'язку зі збільшенням можливостей сучасних комп'ютерів. Комп'ютерні технології дозволяють сьогодні створювати тривимірну основу, візуалізувати її, створювати креслення, моделі.

Поверхня відновлення може бути прийнята в якості вихідного рівня системи координат просторового аналізу процесів формування вторинних екосистем. Присвоєння координат і просторових атрибутів точкам поверхні відновлення створює формальну систему просторових відносин, можливості застосування формальних методів. Використання даних цифрових моделей рельєфу (ЦМР), геодезичних досліджень, геоморфометричних вимірювань дозволяє залучати до аналізу величезні масиви просторової інформації. За допомогою дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) визначаються

важливі екологічні показники інтенсивності фотосинтезу, проективного покриття рослинності, зволоження, вмісту органічної речовини в ґрунтах (індекси NDVI, G/B, R/G, SWIR, DWI, RWI (SR), TVI, SARVI2, LMI, BR, GR, WET). Особливе значення має одночасне дослідження ознак в багатьох точках поверхні відновлення. Визначення ключових точок в тривимірному просторі дозволяє складати опорну мережу екологічних досліджень, застосовувати їх для моніторингу навколишнього середовища, завіряти на них результати дистанційного зондування.

Розрахунки на основі кількісних просторових і непросторових атрибутів дозволяють отримувати кількісні величини локального коефіцієнта зволоження (ЛКУ), водної еродованості, дефльованості (вітрової еродованості). Застосування поправки на приведення просторових атрибутів до реальних у тривимірному просторі (довжини, площі [10]) істотно підвищує точність оцінки екологічних ризиків, розвитку деградаційних процесів, земельних, біологічних ресурсів та забезпечує більш ефективне планування, експлуатацію, розвиток земель.

Формування поверхні порушених гірничими роботами земель відбувається на останніх стадіях видобування корисних копалин. Будова поверхні відновлення залежить від технічної характеристики машин та механізмів, які використовуються при виконанні гірничих робіт (таблиця 3). Просторові параметри гірничих машин [19] визначають можливості формування вторинного рельєфу.

Напрямок пересування, точки розвертання, розвантаження гірничих машин формують техногенний рельєф та його морфометричні характеристики. Поетапне комбінування комплексів гірничих машин, тривалості їх роботи дозволяють забезпечити значне різноманіття просторових параметрів форм вторинного рельєфу. Гірничі технології транспортування, відвалоутворення, розробки дозволяють конструювати поверхню відновлення відповідно до потреб подальшого використання земель. За їх допомогою може відбуватися регулювання форм по довжині, ширині та висоті, тобто, фактично у тривимірному просторі. Таким чином, гірничі технології можуть використовуватись для створення вторинного ландшафтного різноманіття, яке є основою вторинного біорізноманіття.



Таблиця 3 – Просторові параметри технічної характеристики гірничих машин

Просторові параметри	Од. вим.	Просторові параметри	Од. вим.
1. Скрепер			
1.1. Геометрична ємність ковша	м <sup>3</sup>	1.4. Глибина різання	мм
1.2. Ємність ковша з шапкою	м <sup>3</sup>	1.5. Товщина шару, який відсипається	мм
1.3. Ширина захвату ковша	мм		
2. Бульдозер			
2.1. Довжина лемешу	мм	2.3. Максимальне заглиблення	мм
2.2. Висота лемешу	мм	2.4. Максимальний підйом ножа	мм
3. Екскаватор з прямою або оберненою лопатою, драглайн			
3.1. Ємність ковша	м <sup>3</sup>	3.5. Найбільший радіус розвантаження	м
3.2. Довжина стріли	м	3.6. Найбільша висота черпання	м
3.3. Довжина рукояті	м	3.7. Найбільша висота розвантаження	м
3.4. Кут нахилу стріли	град	3.8. Ширина ходу	м
3.5. Радіус черпання на рівні стояння	м	3.9. Максимальний кут підйому	град
3.6. Найбільший радіус черпання	м		
4. Багатокіштовий екскаватор			
4.1. Висота черпання	м	4.3. Ємність ковша	л
4.2. Глибина черпання	м	4.4. Довжина стріли розвантаження	м
5. Роторний екскаватор			
5.1. Ємність ковша	л	5.6. Радіус обертання консолі	м
5.2. Висота черпання	м	5.7. Кут обертання консолі	град
5.3. Глибина черпання	м	5.8. Масимальна висота розвантаження	м
5.4. Максимальний радіус черпання	м	5.9. Мінімальна висота розвантаження	м
5.5. Максимальний кут підйому	град	5. 10. Ширина ходу	м
6. Думпкар			
6.1. Ємність кузова	м <sup>3</sup>	6.3. Довжина вагону	мм
6.2. Кут нахилу кузова при розвантаженні	град	6.4. Висота вагону	мм
7. Автомобіль-самоскид			
7.1. Геометричний об'єм кузова	м <sup>3</sup>	7.2. Мінімальний радіус завороту	мм

Розвиток вторинних екосистем залежить від гірської породи, яка транспортується на денну поверхню і стає ґрунтоутворюючою. Саме ця гірська порода визначає просторові параметри поверхні відновлення через кут природного відкосу. Її природні властивості визначають дію поверхневого стоку та розвиток денудації, розвіювання вітром. Хімічний склад породи поверхні визначає як забезпеченість елементами мінерального харчування рослин вторинних екосистем, так і рівень токсичності техногенного субстрату для рослин, які беруть участь у відновленні угруповань.

Рельєф діє як універсальний механізм перерозподілу речовини та енергії, таким чином, на пряму формує екологічні ризики порушених гірничими роботами земель, а також природні механізми відновлення екосистем, застосування технологічних процесів активізації відновлення екосистем, відновлювальний потенціал екологічної мережі.

Енергетичною основою дії рельєфу є гравітаційне поле Землі та сонячне випромінювання. Під дією енергії гравітації відбуваються такі значні геоморфологічні процеси як селі, осипи, зсуви, денудація. Сонячне випромінювання визначає водний і тепловий

баланс території, тобто дію основних екологічних факторів. Таким чином, основою дії рельєфу є геофізичні процеси, для яких розроблені точні формальні моделі, встановлені основні закономірності їх розвитку [14].

На поверхні порушених земель виникають геофізичні, геохімічні та біологічні потоки [15]. Вони формують всі природні процеси і визначають як екологічні ризики, так і формування вторинних екосистем, як засіб компенсації збитків.

Всі природні потоки в загальному вигляді мають напрямок, тобто відображаються у вигляді вектора, формуються навколо основної лінії, мають дві характерних точки початку і кінця. В залежності від потужності потоку, маси задіяної в ньому речовини, будується буфер, який визначає поверхню його взаємодії з поверхнею відновлення. Геометризація потоку дозволяє визначати величину планіметричного збитку, найвпливовішого елемента формули обчислення екологічного ризику впливу (4). Просторові параметри геофізичних та геохімічних потоків можна визначати на основі узагальнення експериментальних даних, чисельними методами інтер- та екстраполяцій, теоретичного прогнозування з достатньою точністю.

Біологічні потоки розвиваються більш складно. Потоки діаспор, генетичного матеріалу є дуже вразливими до антропогенного впливу. Для їх підтримки необхідно виділення територій з особливим режимом господарювання, який би виключав негативний вплив на потоки біоти [20]. Біологічні потоки є основою функціонування екологічної мережі.

На поверхні відновлення виникають абсолютні та відносні бар'єри, які або повністю переривають, або зменшують швидкість

потоків речовини та енергії. Просторовий аналіз поверхні дозволяє вирішити задачі визначення маршрутів найменшої вартості, накладання двох та більше потоків та інших. За допомогою бар'єрів може здійснюватись управління розвитком екологічних ризиків. Бар'єри у вигляді санітарно-захисних валів, захисних покривів поверхні, екранів уже використовуються в практиці. Співвідношення просторових параметрів розташування бар'єрів та потоків потребує геометризаційного обґрунтування.

Вирішення просторових задач використання екологічної мережі для відновлення екосистем порушених земель починається з встановлення положення початкової та кінцевої точки потоку. Початкова точка встановлюється як найближча до порушених земель з ареалу виду, присутність якого поставлена за мету (рідкісного, зникаючого, ресурсного та іншого). Кінцева точка потоку визначається на порушених землях, екологічні умови якої визначаються як оптимальні для необхідного виду. Найкоротшим маршрутом потоку біоти буде відрізок прямої, але на цьому маршруті, зазвичай, виникають різноманітні природні та антропогенні бар'єри, подолати які буває неможливо. Виникає необхідність пошуку маршруту, подолання якого буде потребувати у конкретного живого організму найменші витрати. Витрати виникають в залежності від морфологічних, функціональних, екологічних особливостей виду. Таким чином, виникає зв'язок між біологією необхідного виду і просторовими параметрами екомережі, яка забезпечує функціонування потоків біоти. Цей зв'язок потребує подальших досліджень, на основі яких може бути визначений маршрут найменшої вартості в екомережі.

### Висновки

1. Екологічний ризик від порушених земель визначається як сума екологічних ризиків від окремих видів впливів порушених земель (знищення екосистем на місці розташування порушених гірничими роботами земель; забруднення навколишніх земель поверхневим стоком; забруднення навколишніх земель під дією вітру; порушення режиму зволоження). Екологічний ризик впливу визначається як функція величини планіметричного збитку, який характеризує

розміри території впливу, ймовірності, та інтегрального показника інтенсивності враження екосистем.

2. Управління екологічними ризиками може здійснюватись компенсацією екологічних збитків шляхом формування вторинних екосистем на порушених землях. Формування вторинних екосистем треба розглядати як технологічну активізацію природного процесу. Складна система оцінки стану екосистем може бути спрощена до загальної

трьохрівневої системи, яка включає наступний набір критеріїв: зволоження, забезпеченість теплом, забезпеченість поживними елементами, вміст вуглецю в органічній речовині ґрунтів, вміст цінних агрегатів (0,25-10,00 мм), загальне проективне покриття, біомаса, біорізноманіття рослин.

3. Можливості вирішення складних екологічних задач створюються на основі поверхні відновлення у тривимірному просторі, яка уточнює традиційні площинні двовимірні підходи. Сучасний рівень розвитку ГІС-технологій та ДЗЗ дозволяє забезпечити оперативне одержання, зберігання та обробки екологічної інформації у тривимірному просторі.

4. Просторовий аналіз рельєфу поверхні відновлення дозволяє забезпечити найкращі умови для формування вторинних екосистем, функціонування природних потоків речовини

та енергії, прямого зменшення екологічних ризиків порушених гірничими роботами земель.

Управління геофізичними, геохімічними, біотичними потоками може здійснюватись через утворення або знищення бар'єрів на їх маршрутах.

Подальша реалізація запропонованих алгоритмів в ГІС-системах дозволить ефективно виконувати контроль екологічних ризиків та хід формування вторинних екосистем. Створення просторового різноманіття порушених земель на кінцевих етапах гірничих технологій дозволить забезпечити формування вторинного ландшафтного та біорізноманіття. Розвиток просторового аналізу поверхні відновлення у тривимірному просторі буде створювати умови для управління екологічними ризиками.

#### Перелік посилань

1. Лисиченко Г.В., Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, та управління / Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А. – К.: Наукова думка. – 2008. – 543 с.
2. Hallenbeck W.H. Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health / Hallenbeck W.H. – Boca-Raton, 1993. 212 p.
3. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска. / Хенли Э. Дж., Кумамото Х. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
4. Качинський А. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / Качинський А. – К.: Поліграфконсалтинг, 2004. – 472 с.
5. Ваганов П.А., Экологические риски / Ваганов П.А., Ман-Сунг Им СПб: Изд-во СПбГУ, 2001. – 152 с.
6. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование / Башкин В.Н. – М.: Высш шк., 2007. – 360 с.
7. Большаков А.М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения / Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуццило – М.: Эдиториал УРСС, 1999 – 256 с.
8. Копач П.І. Кількісна оцінка екологічної безпеки гірничовидобувних районів / Копач П.І., Данько Т. Т. //Зб. наук. пр. «Екологія і природокористування» - 2009. – № 12 – С. 48 – 54.
9. Долгова Т.І. Екологічна безпека ґрунтів у гірничодобувних районах / Долгова Т.І. – Д.: НГУ, 2009. – 270 с.
10. Кузык И.Н. Формирование критериев экологической опасности породных отвалов шахт / Кузык И.Н. //Зб. наук. пр. «Екологія і природокористування» - 2009. – № 12 – С. 156 – 161.
11. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв / Розанов Б.Г. – М.: Изд-во М-ского у-та. – 1975. – 294 с.
12. Быков Б.А. Геоботаника / Быков Б.А. – Алма-Ата: Изд-во АН Каз. ССР – 1957. – 381 с.
13. Shary, P.A., 2002. Fundamental quantitative methods of land surface analysis / Shary, P.A., Sharaya, L.S., Mitusov, A.V. // Geoderma - 2002. – v.107, no.1-2, p.1-32.
14. Сысуев В.В. Физико-математические основы ландшафтоведения / Сысуев В.В. – М.: Геогр. ф-т МГУ. – 2003. - 175 с.
15. ДеМерс Географические Информационные Системы/ ДеМерс – М: Дата+, 1999. – 287 с.
16. Методичні підходи до вибору та обґрунтування критеріїв і показників сталого розвитку різних ландшафтних регіонів України / [Шапар А.Г., Хазан В.Б., Мажаров М.В. та інші]; під ред. А.Г. Шапара – Дніпропетровськ: ІППЕ. – 1989. – 89 с.
17. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Реймерс Н.Ф. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
18. Скрипник О.А. Геометризация – формальный метод выявления абиотического разнообразия поверхности восстановления экосистем нарушенных горными работами земель / Скрип-

ник О.А. // Зб. наук. праць ІППЕ «Екологія і природокористування». Дніпропетровськ. – 2009. – № 12. – С. 95-102 .

19. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых / [Новожилов М.Г., Кучерявий Ф.И., Хохряков В.С. и др.]; под ред. М.Г.Новожилова – Часть 1. – М.: Недра, – 1971. – 512 с.

20. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану земель, порушених гірничими роботами (створення техногенних ландшафтних заказників, екологічних коридорів, відновлення екосистем) / [Шапар А.Г., Скрипник О.О., Копач П.І. та інші]; під ред. А.Г. Шапара – Дніпропетровськ: Монолит. – 2007. – 270 с.

*O.A. Skrypnyk*      **SPACE ASPECTS OF FORMATION  
SECONDARY ECOSYSTEMS AS THE  
MEANS FOR DIMINISHING ECOLOGICAL  
RISKS OF DESTRACTED BY MINING  
LANDS**

*Institute for Nature Management Problems & Ecology,  
National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovs'k*

**The method of formal determination of ecological risk from destructed by mining lands is developed . The parameters of estimation of the state of ekosistem are grounded, through bringing which over to the natural norm, it is possible to compensate ecological harm. The chart of influence on the spatial parameters of surface of renewal for forming of secondary ekosistem is developed.**

*Надійшла до редколегії 14 квітня 2010 р.  
Рекомендовано членом редколегії докт.техн.наук Т.І. Долговою*