

Для оцінки ступеня забрудненості можна використати відношення показників R для поверхневого шару ґрунту та для ґрунтоутворювальної породи.

Використання коефіцієнтів накопичення R та їх відношення, сумарного індексу забрудненості D , кларків концентрації та їх відношення дають змогу порівняти забрудненість геосистем досліджуваної території.

Для комплексної оцінки небезпеки рівня забруднення природного середовища для здоров'я населення В. М. Гуцуляк запропонував *показник інтенсивності забруднення компонентів ландшафту* (P_j), який можна розрахувати на основі формули (2.36) та *інтегральний показник екологічної небезпеки в ландшафті* (I_n):

$$I_n = \sum_{j=1}^m T_j \sum M_i (C / C_{\phi})_i, \quad (2.62)$$

де T_j – транслокаційний показник шкідливості для кожного природного компонента, виражений в умовних одиницях: ґрунти – 2; повітря – 3; ґрунтові води – 4; біомаса – 5;

M_i – значення індексу небезпеки (токсичності) ХЕ відповідно до класу небезпеки;

m – загальна кількість компонентів природного середовища, які враховуються (Л. Л. Малишева, 2000).

2.6 Комплексні показники стану довкілля

2.6.1 Комплексна оцінка якості міського середовища

В основу методологічних принципів визначення комплексних екологічних показників, які дозволяють оцінити якість міського середовища, покладено виділення основних екологічних характеристик та їх кількісне приведення до єдиного показника. Загалом визначення комплексного показника K можна представити у вигляді:

$$K = \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i, \quad (2.63)$$

де k_i – оцінка спостережуваного прояву i -ї екологічної характеристики, бали;

α_i – вага (коефіцієнт ваги, коефіцієнт значущості) i -ї екологічної характеристики, частки одиниці.

Розкладання екологічних характеристик на категорії необхідне для бальної оцінки, яка дозволяє зіставити різні характеристики, привівши до

єдиної розмірності – балів. Кожна категорія може характеризуватись як кількісно, так і якісно.

Першоосновою складання таблиць визначення комплексних екологічних показників є формулювання мети та розгляд об'єкту дослідження з різних сторін. Надалі від цього залежить набір відповідних екологічних характеристик та їх ваги. Метою розробки комплексних екологічних показників урбанізованої території є інтегральна оцінка якості міського середовища і рівня антропогенного навантаження НПС.

Таким чином, урбанізована територія, як складна система, розглядається з двох позицій:

8) внутрішньосистемних зв'язків природних і антропогенних складових, які формують умови життя людини і функціонування природних екосистем, а також визначають якість міського середовища (*критерій якості міського середовища*);

9) зовнішніх зв'язків з оточуючими ПТК, тобто урбанізована територія розглядається як складова територіальних систем регіонального масштабу і джерело антропогенного навантаження на НПС (*критерій екологічності міста*).

Відповідно до цього формуються набори екологічних характеристик для розрахунку критеріїв якості природної складової урбанізованих територій та визначається вага кожної характеристики (табл. 2.16). Запропоновані критерії якості природної складової урбанізованих територій визначаються для міст з населенням від 10 до 250 тис. осіб, відповідно до чого поставлені градації кількісних оцінок екологічних характеристик. Кількість градацій для кожної екологічної характеристики дорівнює 4.

Таблиця 2.16 – Набори екологічних характеристик у складі критеріїв якості природної складової урбанізованої території

№ з/п	Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій внутрісистемних зв'язків		Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій зовнішніх зв'язків	
	екологічна характеристика	α_i	екологічна характеристика	α_i
1	якість атмосферного повітря	0,30	техногенний вплив на атмосферне повітря	0,30
2	якість води водних об'єктів	0,25	техногенний вплив на водні об'єкти	0,25
3	якість ґрунту	0,10	озеленення	0,15
4	озеленення	0,15	відходи	0,20
5	екологічна безпека техногенного комплексу	0,20	екологічна безпека техногенного комплексу	0,10

Значення першого критерію якості природної складової урбанізованої території дозволяє охарактеризувати екологічні умови: 1) $1,0 < K \leq 2,0$

(несприятливі); 2) $2,0 < K \leq 3,0$ (помірно несприятливі); 3) $3,0 < K \leq 4,0$ (сприятливі). Значення другого критерію говорить про рівень техногенного навантаження: 1) $1,0 < K \leq 2,0$ (високий); 2) $2,0 < K \leq 3,0$ (середній); 3) $3,0 < K \leq 4,0$ (низький) (В. Ю. Приходько, 2013).

2.6.2 Індикатори якості довкілля

Розробка системи екологічних індикаторів та індексів є активним напрямком наукових досліджень у світі. Зазначимо, що основною метою формування систем показників є оцінка сталості розвитку світу та його окремих регіонів з використанням уніфікованих, комплексних підходів. На сьогодні розроблена велика кількість екологічних індикаторів та індексів: індекс стійкого розвитку, індекс екологічної уразливості територій, індекс екологічної стійкості тощо.

Більш детально розглянемо такі індикатори, які можна використовувати як інструмент для оцінювання якості НПС або окремих компонентів.

Індикатор – це параметр або значення параметра, яке вказує, дає інформацію або описує стан явища, довкілля, території в значно більшій мірі, чим саме значення параметра. Під *індикатором* мають на увазі показник (що виводиться з первинних даних, які зазвичай не можна використовувати для інтерпретації змін); що дозволяє судити про стан або зміну певного явища або процесу.

Зазвичай індикатори описують явища або стани НПС і завжди вказують на щось, що перебуває поза прямим розглядом. Існує безліч причин, що пояснюють це: безпосереднє спостереження інколи є дуже дорогим; область спостереження, що знаходиться поза прямим розглядом, є майбутньою.

Мета розробки та застосування індикаторів полягає у наступному: 1) індикатори використовують для обґрунтування рішення, яке приймають; 2) індикатори допомагають інтерпретувати зміни; 3) використання індикаторів дозволяє виявляти недоліки в природокористуванні; 4) індикатори дозволяють полегшити доступ до інформації для різних категорій користувачів; 5) індикатори полегшують обмін науково-технічною інформацією; 6) індикатори виконують комунікативну функцію, тобто інформують спільноту щодо можливих екологічних загроз.

Індекс – це набір згрупованих або зважених параметрів або індикаторів. Одним з таких індексів є індекс живої планети, який розглядається у п. 2.6.3. *Параметр* – це властивість, яку можна відмітити або виміряти.

Широкого поширення у світі набули система екологічних індикаторів, розроблена Організацією Економічного Співробітництва та Розвитку (ОЕСР). Система індикаторів базується та моделі «вплив – стан – реакція»

(рис. 2.2). Людська діяльність чинить «тиск» на довкілля і впливає на якість та кількість природних ресурсів («стан»); суспільство реагує на ці зміни через природоохоронну, загальноекономічну та галузеву політику і через зміни в суспільній свідомості і поведінці («реакція на тиск»).

«Вплив» включає опосередкований і прямий вплив (тобто використання ресурсів і розміщення ЗР та відходів). Показники екологічного тиску тісно пов'язані з характером виробництва і споживання, досить часто вони відображають інтенсивність забруднення або використання ресурсів, а також обумовлені цими процесами тенденції і зміни за певний період часу.

«Стан» пов'язаний з якістю довкілля та кількістю і якістю ПР. Як такі, ці індикатори відображають кінцеву мету природоохоронної політики. Показники екологічного стану створені з таким розрахунком, щоб давати огляд екологічної ситуації і її розвиток у часі. Прикладами їх є: концентрації ЗР в НПС; перевищення критичних навантажень; вплив певного рівня забруднення на населення або зниження якості довкілля і пов'язаний з цим вплив на здоров'я людей; стан флори і фауни та запасів природних ресурсів.



Рисунок 2.2 – Схема формування системи індикаторів стану довкілля

Показники «реакції» відображають реакцію суспільства на екологічні проблеми. Вони пов'язані з колективними та індивідуальними діями і реакціями, спрямованими на пом'якшення, адаптацію або попередження негативного впливу на довкілля, викликаного людською діяльністю, або на збереження природи і ПР. Прикладами показників суспільної реакції є:

витрати на охорону довкілля, природоохоронні податки і субсидії, структура ціноутворення, частка ринку, що припадає на екологічно чисті товари і послуги, темпи скорочення забруднення, рівень вторинної переробки продуктів.

Виділяють також ще одну групу індикаторів – індикатори «впливу». Індикатори «впливу» виражають наслідки від змін у стані довкілля для тих, хто прямо або побічно використовує ресурси довкілля. Як приклади можна привести індикатори, що впливають на здоров'я, витрати на очищення стічних вод, зміни в сільськогосподарській продуктивності орних земель. Індикатори впливу також включають тимчасові параметри і індекси впливу на аспекти людського добробуту. Але в схемі на рис. 2.2 ця група не виділяється.

Структура екологічних індикаторів включає: 1) індикатори навантаження на НПС; 2) індикатори екологічних умов (якість і кількість природних ресурсів); 3) індикатори зворотної реакції (громадська реакція).

Призначення індикаторів ОЕСР: моніторинг прогресу в галузі охорони довкілля; аналіз ефективності природоохоронної діяльності; стан досягнення сталого розвитку; інформування громадськості (Н. П. Тарасова, 2006, *OECD core set of indicators*, 1993, 2003).

Набір ключових індикаторів. Нижче представлені п'ять ключових індикаторів за схемою «проблема, пов'язана із забрудненням – індикатор»:

- 1) зміна клімату – емісія діоксиду вуглецю;
- 2) руйнування озонового шару – індекси існуючого рівня споживання озоноруйнуючих речовин;
- 3) якість атмосферного повітря – емісія оксидів сірки і азоту;
- 4) утворення відходів – інтенсивність утворення твердих побутових відходів (ТПВ);
- 5) якість прісної води – величина очищення СВ.

П'ять ключових індикаторів за схемою «природні ресурси і потенціал – індикатор»:

- 1) ресурси прісної води – інтенсивність використання прісної води;
- 2) лісові ресурси – інтенсивність використання лісових ресурсів;
- 3) рибні ресурси – інтенсивність використання рибних ресурсів;
- 4) енергетичні ресурси – інтенсивність використання енергії;
- 5) біорізноманітність – кількість зникаючих видів.

Розглянемо набір індикаторів для проблеми зміни клімату:

Індикатори навантаження на довкілля:

- емісія метану;
- використання фреону 11 і 12;
- емісія закису азоту.

Індикатори екологічних умов:

- концентрація парникових газів в атмосфері;

- середня температура.

Індикатори соціальної реакції:

- ефективність використання енергії;
 - енергоємність;
 - податок на енергію/діоксид вуглецю;
 - витрати на енергоефективні технології, альтернативні види енергії,
- дослідження зміни клімату (*OECD core set of indicators*, 1993, 2003).

Одним з широко застосовуваних індикаторів є екологічний відбиток.

2.6.3 Комплексні показники стану глобальної екосистеми

Кількість наявних природних ресурсів та величина їх споживання, а також стан біологічного різноманіття планети є важливими показниками при оцінці сталості розвитку людства.

Звіт про Живу Планету допомагає зрозуміти взаємозалежність людей і природи за допомогою індикаторів, які відображають біорізноманіття, людські потреби у відновлюваних ресурсах та природні послуги:

Індекс Живої Планети: відстежує загальні зміни у популяціях різних видів тварин, віддзеркалюючи зміни у біорізноманітті та, отже, здоров'ї екосистем Планети, починаючи з 1970 року, коли почався збір даних.

Екологічний відбиток: слідує за вимогами людства до екосистем, шляхом виміру біологічно продуктивних ділянок суходолу та моря, необхідних для вироблення відновлюваних ресурсів, які використовує людина, місця для розміщення інфраструктури та поглинання викидів CO₂, спричинених людською діяльністю.

Біопродуктивність: вимірює наявні біологічно продуктивні ділянки землі та води, які постачають відновлювані ресурси та поглинають CO₂.

Водний відбиток виробництва: оцінює використання води у різних країнах.

Картування природних послуг: надає інформацію про те, у яких регіонах світу локалізовані природні послуги та де вони використовуються, де природні послуги є найбільш жаданими, та де деградація екосистем найбільше вплине на людей.

Індекс живої планети (LPI) – показник, розроблений для моніторингу стану біологічної різноманітності планети. Він відбиває тенденції, що спостерігаються у великій кількості популяцій різних видів. Індекс живої планети базується на тенденціях, які спостерігаються майже в 5000 популяціях 1686 видів ссавців, птахів, плазунів, земноводних і риб у всьому світі. Зміни в чисельності популяцій окремих видів усереднюються і виражаються у відносних одиницях. За базу порівняння (значення 1,0) прийнятий показник 1970 р.

Глобальний індекс живої планети є результатом агрегації двох індексів – для помірної зони (включаючи полярні області) і тропічної зони, – яким присвоєні рівні ваги. У рамках кожного з двох індексів рівні ваги присвоєні загальним показникам для наземних, прісноводних і морських видів. Індекс розраховується для різних видів (морські, наземні, прісноводні) і територій (тропічних лісів, посушливих територій тощо). З 1970 по 2005 рр. індекс живої планети знизився на 28 % (рис. 2.3).

Тенденції у тропічних та помірних популяціях сильно відрізняються: тропічний Індекс Живої Планети зменшився на 60 %, у той час як помірний Індекс зріс майже на 30 %. У популяціях тропічних річкових видів спостерігається спад у розмірі майже 70 %.

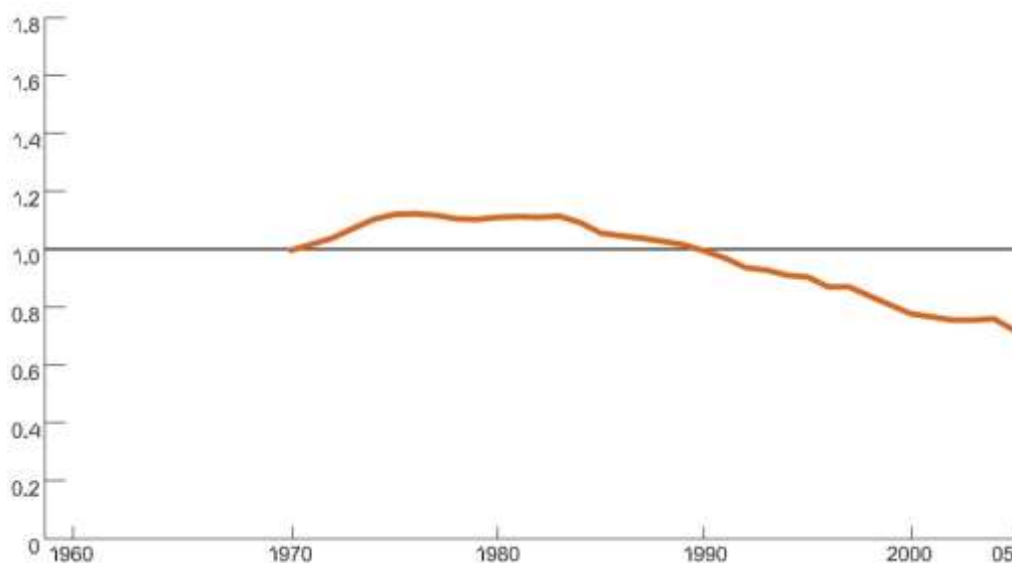


Рисунок 2.3 – Зміна індексу живої планети

Екологічний відбиток – це площа біологічно продуктивної території/акваторії, необхідної для виробництва використовуваних людиною ресурсів і асиміляції відходів. При визначенні екологічного сліду враховують:

1) площу територій та акваторій, необхідних для забезпечення споживання природних ресурсів і послуг: продовольства, волокон, деревини, морепродуктів;

2) площу територій, зайнята інфраструктурою (житловий фонд, промисловість, транспорт тощо);

3) площу територій, необхідних для асиміляції відходів. На даний момент враховують відходи у CO_2 еквіваленті, тому цю складову іноді називають «вуглецевий слід». Його оцінюють як покрита рослинністю територія для поглинання діоксиду вуглецю, що виділяється при спалюванні викопного палива.

Величина екологічного відбитку країни визначається чисельністю населення, середнім обсягом споживання та ресурсоемністю товарів та послуг, що споживаються населенням. До десятки країн з найбільшим екологічним відбитком на людину входять: Катар, Кувейт, Об'єднані Арабські Емірати, Данія, США, Бельгія, Австралія, Канада, Нідерланди та Ірландія. Загальний екологічний відбиток країни залежить не тільки від персонального відбитка, але й від кількості жителів країни. Наприклад, країни з відносно невеликим персональним відбитком, такі як Китай чи Індія, мають великий відбиток на національному рівні, тому що населення цих країн дуже численне.

Біопродуктивність – це площа біологічно продуктивної території/акваторії (орних земель, пасовищ, лісів і рибпромислових зон), яка може використовуватися для задоволення потреб людей. Біопродуктивність країни визначається двома факторами: ділянки орної землі, пасовищ, лісів та багатих рибою водних об'єктів, розташованих у межах країни, а також продуктивністю цих ділянок та об'єктів.

Біопродуктивність нерівномірно розподілена по країнах світу. Вісім країн з найбільшою біопродуктивністю – це США, Бразилія, Росія, Китай, Канада, Індія, Аргентина і Австралія. Вони мають у розпорядженні половину світової біопродуктивності. Біопродуктивність на душу населення залежить від абсолютних значень показника та кількості населення. Найвищу мають такі країни: Габон (29,3 га), Болівія (18,8 га), Монголія (15,1 га), Австралія (14,7 га), Конго (13,3 га).

Екологічний відбиток людства уперше перевищив загальну біопродуктивність Землі в 80-х роках минулого століття, і з цієї миті перевитрата продовжує збільшуватися (рис. 2.4).

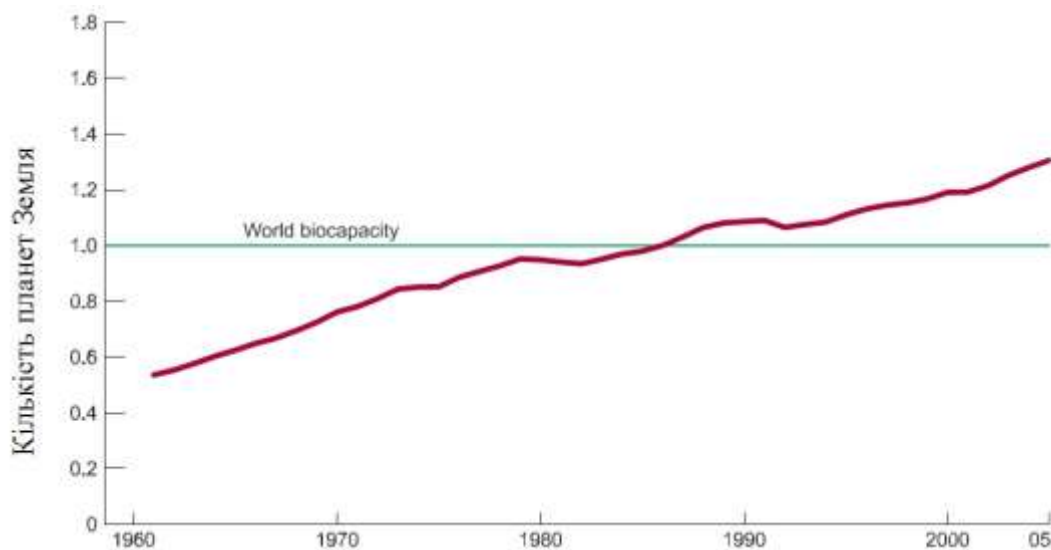


Рисунок 2.4 – Екологічний відбиток людства

У 2007 р. глобальний екологічний відбиток склав 18 млрд глобальних гектарів (гга), або 2,7 гга на людину (глобальний гектар є гектаром з середньою по земній кулі здатністю до виробництва ресурсів і асиміляції відходів). У той самий час загальна площа продуктивних територій і акваторій планети, або біопродуктивність, склала 11,9 млрд гга, або 1,8 гга на людину. Тобто вимоги людини перевищують можливості планети на 50 %. Це означає, що планеті потрібно 1,5 роки, щоб відновити ресурси, які людство споживає за рік. У 2007 р. людство використало еквівалент 1,5 планет для підтримки своєї життєдіяльності.

Аналіз екологічного відбитка у розрахунку на людину (персональний відбиток) показує, що жителі різних країн значно відрізняються за рівнем споживання і вимог до екосистем Землі. Наприклад, якщо кожна людина світу буде жити, як середньостатистичний громадянин Арабських Еміратів, тоді нам знадобиться більше 4,5 планет, щоб задовольнити свої потреби та поглинути викиди вуглекислого газу. Навпаки, якщо кожен буде споживати як середньостатистичний житель Індії, людство буде використовувати менше половини біопродуктивності Планети.

Всесвітня мережа екологічного сліду (GFN) запропонувала найважливіші екологічні поняття:

- 1) *країни – екологічні кредитори/донори/благодійники;*
- 2) *країни – екологічні дебітори/боржники/паразити.*

До першої групи відносяться країни, для яких величина екологічного відбитку вища за біопродуктивність. До другої – ті країни, біопродуктивність території яких вища за їх екологічний відбиток.

Три з восьми країн з найбільшою біопродуктивністю – США, Китай і Індія – є «екологічними боржниками». Це означає, що національний екологічний слід перевищує їх власну біопродуктивність. Інші п'ять країн є «екологічними кредиторами» – Бразилія, Росія, Канада, Аргентина, Австралія.

На 2012 р. екологічний відбиток України складає 3,19 га на людину (показник зріс з 2,9 га на людину з 2010 року), що перевищує середньосвітовий показник у 2,7 га. Біопродуктивність України становить 2,23 га на людину (у 2010 році він складав 1,8 га), що трохи вище середньосвітового показника у 1,78 га. Якщо всі жителі світу споживатимуть як українці, нам знадобиться трохи більше 1,4 планети.

Згідно з Глобальним Індексом Живої Планети, зниження біорізноманіття починаючи з 1970 було найшвидшим в країнах з низькими доходами. Це демонструє, як найбільш вразливі країни субсидують спосіб життя багатих країн. Зниження біопродуктивності (здатність регіону у відновленні ресурсів) примусить країну імпортувати основні ресурси від іноземних екосистем, що потенційно спричинить довгострокові збитки останнім (*Жива планета*, 2008, 2010, 2012).