УДК 577.4.001.57

КЛИМЕНКО ЛЕОНІД ПАВЛОВИЧ – доктор технічних наук, зав. кафедрою “Екологія та природокористування”, ректор МДГУ ім. Петра Могили

СЕДЛЕЦЬКИЙ ЄВГЕНІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ – начальник Держуправління екології та природних ресурсів в Миколаївській області)

ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ ВАЛЕРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – к.т.н., доцент кафедри екології та

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ЛОКАЛЬНУ ЕКОСИСТЕМУ:

Розглянуто теоретичні основи моделювання локальних екосистем з метою оцінки стійкості від техногенного впливу. Показана необхідність активізації біологічних досліджень в напрямку отримання екологічних характеристик редуцентів. Виконано співставлення наявних практичних методик, які рекомендуються для якісної оцінки техногенного впливу на локальну екосистему.

It is considered theoretical principles of modeling of local ecosystem for estimation its stability to technological impact. It is shown necessity of activization of biological researches to get ecological characteristics of reducers. It is done a collation of practical methods, which are recommended for qualitative estimation of technological

Постановка проблеми

Невпинне погіршення стану оточуючого людину середовища викликає загальну тривогу. Все гостріше постає питання – де межа антропогенного (головною складової якого є техногенне) навантаження на природне довкілля. Яка величина впливу допустима без порушення властивостей екосистеми будь-якого рівня – від глобальної біосфери до невеличкої місцевої екологічної системи? Відповідь на це запитання повинні дати науковці, які згідно до фундаментального документу ООН “Порядку денному на 21 століття” “...несуть особливу відповідальність за дослідження біосфери і допомогу в її захисті. Вони можуть забезпечити раціональне управління навколишнім середовищем і розвитком з метою повсякденного виживання і задоволення майбутніх потреб людей...”

Наявні дослідження

На світовому рівні увага приділяється головним чином глобальним екологічним проблемам: зміні клімату на планеті, кислотним опадам, руйнуванню озонового прошарку тощо”. Для прогнозування впливу людської діяльності на стан біосфери розроблено чимало математичних моделей, наприклад [4]. На місцевому рівні, незважаючи на те, що саме тут зароджуються всі екологічні проблеми, оцінці стійкості локальних екосистем приділяється недостатня увага. Розробляються, головним чином, практичні методики, з допомогою яких виконується порівняльна оцінка антропогенного впливу на природне середовище [1,2,5].

Можливість виконати прогнозування наслідків техногенного впливу на локальні екосистеми залежить від багатьох факторів: наявності місцевих кадрів, фінансово-економічних ресурсів, політичних пріоритетів місцевої влади, громадської активності жителів регіону тощо. В Україні внаслідок перш за все важкого економічного стану першорядними вважаються завдання практичного, а не теоретичного спрямування. Разом з тим незадовільний стан природного середовища вимагає невідкладних заходів держави щодо обґрунтування екологічних пріоритетів.

Постановка завдання

Активізація теоретичних і практичних робіт по оцінці техногенного впливу на рівні локальних екосистем повинна виконуватися з урахуванням наступного:

- джерела техногенного впливу зосереджено крапково і їх дія на людей і екосистему найбільш відчутна на локальному рівні;
- лише на рівні локальної екосистеми проявляються технологічні особливості джерела техногенної дії. При переході на більш високий рівень вплив джерел інтегрується;
- внаслідок значно меншої інерційності локальних екосистем, порівняно з системами вищого рівня, результати техногенного впливу починають відчуватися перш за все на локальному рівні;
- локальний прояв інтегрованого техногенного впливу може відрізнятися і навіть бути протилежним глобальному прояву. Наприклад, на фоні глобального потепління спостерігаються явища локального похолодання (узбережжя Північного океану, північ Великої Британії), які вважаються наслідками глобальних процесів.

Теоретична схема

Розглянемо механізм взаємодії компонентів природної екосистеми.

Динамічна рівновага системи забезпечується завдяки взаємодії комплексу фізичних (фільтрація, осад, випаровування тощо), хімічних (утворення, перетворення, розподіл речовин) і біологічних (зародження, відмирання тощо) процесів. Сукупність цих абіотичних і біотичних взаємопов'язаних процесів здійснює природний замкнений цикл речовин "неживе-живе-неживе". Для надійної безперервної дії цього циклу екологічна система повинна мати запаси необхідних поживних речовин, зовнішній підвід енергії, набір організмів різного типу. На рисунку представлена схема екологічної системи, в якій біотична компонента складається з продуцентів П, консументів К і редуцентів Р. Запаси поживних речовин у вигляді хімічних елементів і сполук зосереджені в атмосфері А, літосфері Л, гідросфері Г. Кількість кожної з абіотичних речовин в природних "акумуляторах" повинна бути більшою за необхідну для здійснення процесів, щоб гарантувати їх безперервність за екстремальних умов.

Життєвий цикл в екосистемі розпочинають продуценти (головним чином зелені рослини), які утворюють біомасу – живу речовину – внаслідок дії сонячної світлової енергії. Рослини продукують фітомасу, використовуючи по харчовим зв'язкам вуглекислий газ атмосфери, поживні речовини з ґрунту і воду, більша частина якої випаровується з поверхні рослин в атмосферу, започатковуючи природний колообіг води. Процес фотосинтезу описується залежністю

$$6CO_2 + 6H_2O + E_c = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Протягом року "середня рослина" в розрахунку на 1 кг сухої маси поглинає 5,4 мегаджоулів світлової енергії, споживає в процесі фотосинтезу 0,5 кг вуглекислого газу і 150 гр. води, виділяє 350 гр. кисню й утворює 300 гр. органічної речовини. Для "дихання" рослини що відбувається вночі паралельно з денним фотосинтезом, використовується 230 гр. кисню, 200 гр. органічної речовини, яка використовується для фізіологічних потреб рослини (зв'язок "дихання"). Таким чином, біологічний "врожай" складає 100 гр. органічної речовини, що дорівнює 10% збільшення початкової біомаси, та 120 гр. кисню. Частину виробленої рослиною маси споживають травоїдні тварини К(харчовий зв'язок від П). Більша частина – опад листя, кори і гілок, відмерлі коріння – потрапляє в грунт, де редуцентами (бактеріями, грибами тощо) перетворюється в неорганічні речовини.

В залежності від особливостей екологічної системи структурні схеми можуть відрізнятися від показаної на рис. кількістю консументів (від 0 до 4-5) і розташуванням їх в схемі (послідовним і паралельно-послідовним). Але в кожній екологічній системі повинні бути продуценти і редуценти – перші зароджують життєвий цикл в системі і визначають її потужність, а другі – забезпечують "здоров'я" екосистеми, переробляючи відмерлу речовину і повертаючи її в неживу природу. Саме вони в сукупності гарантують стабільність безперервного життєвого циклу в екосистемі, забезпечують баланс речовин в ній та визначають продуктивність і інші властивості системи.

Техногенний вплив на природну екосистему на рис. представлено підприємством Т з технологічними зв'язками з довкіллям двох типів. Безпосередній вплив на живі компоненти екосистеми – це шум, вібрація, радіація, кислотні опади тощо, які вражають організм в цілому, чи окремі його органи. Опосередкований вплив техніки на організми проявляється в зміні умов їх існування внаслідок забруднення виробничими відходами природного середовища і споживання природних ресурсів. Негативна дія техніки на живі організми ускладнюється і підсилюється властивістю останніх накопичувати (акумулювати) певні хімічні елементи та речовини. Крім руху речовини по харчовому (біотичному) ланцюгу в екосистемі відбувається абіотичний рух. Між екосистемою та довкіллям через зовнішні зв'язки також відбувається обмін речовинами. В цілому баланс по кожній речовині в екосистемі запишеться таким чином:

$$Мр + Маб + Мз = Мп + Мк$$

тут М – маса речовини; а індекси відповідають масі, яка утворена редуцентами – р, продуцентами – п, консументами – к, або переміщена абіотичним середовищем або в системі чи через зовнішні зв'язки 3.

Для здійснення розглянутих речовинних зв'язків система повинна мати відповідно енергетичне забезпечення. В цілому навіть невеличка екологічна система внаслідок чисельних взаємозв'язків між компонентами являє собою дуже складний об'єкт вивчення і моделювання.

Аналіз наявних матеріалів свідчить про те, що при дослідженні екологічних систем перевага надається продуцентам і консументам. Значення редуцентів недооцінюється, незважаючи на те, що 90% рослинної продукції споживається бактеріями і грибами [5]. Недостатність відомостей про властивості редуцентів гальмує проведення комплексних досліджень екологічних систем. Наприклад, відсутність по водним редуцентам таких даних як народжуваність, смертність, стійкість до ударного навантаження тощо заважає створенню математичної моделі гідроенергоакумулюючих споруд, без якої неможлива комплексна оцінка впливу таких інженерних рішень на річкову екосистему.

Враховуючи вирішальне значення редуцентів в забезпеченні життєдіяльності екологічної системи слід визначити першочерговим завданням мікробіології значне розширення наукових досліджень характеристик наземних і водних редуцентів.

Внаслідок вказаних причин, а також значної складності задач, використання теоретичних методів оцінки техногенного впливу на природні екосистеми сьогодні обмежене. В більшості випадків моделювання не використовується, а оцінка здійснюється за допомогою спрощених практичних способів.

Практична оцінка

Практична оцінка техногенного впливу на екосистеми здійснюється наступними способами:

- зональний – по узагальненим показникам еколого-економічних зон;
- економічний – по нормативам збору;
- порівняльно-валовий;
- порівняльно-граничний;
- енергетичний.

Систему узагальнених показників (в балах), що характеризують природні особливості і техногенне навантаження окремих територій (зон) рекомендує Рада по вивченню продуктивних сил України НАНУ [1,2]. Це дозволяє виконати порівняльну комплексну оцінку регіонів держави по впливу людської діяльності на природне середовище. Стійкість природного середовища до техногенного навантаження С враховує метеорологічний потенціал атмосфери, потенціал стійкості природних вод, ґрунтів і біотичний потенціал. Величина техногенного навантаження на природне середовище Т включає соціально-економічну освоєність територій (показники, що характеризують промисловість, сільське господарство, будівництво, транспорт, рекреаційне навантаження) і забрудненість природного середовища (величина радіаційної і хімічної забрудненості атмосферного повітря, природних вод і ґрунтів). В табл.1 приведена оцінка окремих територій і міст.

Як видно з табл. 1, оцінка впливу техногенного навантаження на територію є скоріше якісною, ніж кількісною.

У вигляді *нормативів збору* за використання природних ресурсів і за забруднення атмосфери викидами, водних об'єктів скидами та літосфери – розміщенням відходів. Офіційно оцінюється шкода,

Таблиця 1.

Зональна оцінка за РВПС України

Зона (соціоекологічна система)	Оцінюючий показник			
	Стійкість (С)		Навантаження (Т)	
	потенціал	бали	освоєність	бали
Дунайський біосферний заповідник	високий	+2,1 і більше	нижче середньої	–0,4 і менше
Карпати	вище середнього	+0,8...+2,1	середня і нижче середньої	+0,4...–0,4
Донецька і Луганська області	середній	+0,8...–0,5	висока і дуже висока	+1,25...+2,1
Миколаївська і Херсонська області	середній і нижче середнього	+0,8...–1,8	середня і нижче середньої	+0,4...–0,4 і менше
м. Київ, м. Донецьк	середній	+0,8...–0,5	дуже висока	+2,1 і більше
м. Миколаїв	нижче середнього	–0,5...–1,8	вище середньої	+1,25...+0,45
м. Одеса	нижче середнього	–0,5...–1,8	середня	+0,4...–0,4

Таблиця 2.

Збори за вплив на природне середовище в 2003 р.

Адміністративна одиниця	Збір			
	фактичне надходження		питома величина	
	тис. грн.	% від обласної суми	грн/км^2	грн/чол
м. Миколаїв	1833	38,6	–	3,57
м. Первомайськ	122	2,6	–	1,73
м. Вознесенськ	96	2,1	–	2,26
м. Южноукраїнськ	381	8,0	–	10,00
м. Очаків	29	0,6	–	1,73
Арбузинський район	18	0,4	17,6	0,70
Баштанський район	38	0,8	22,4	0,92
Березанський район	23	0,5	16,3	0,90
Березнігуватський район	26	0,5	20,0	1,12
Вознесенський район	33	0,6	23,9	0,92
Врадіївський район	21	0,5	28,0	1,00
Жовтневий район	1849	39,0	1268,0	33,80
Казанківський район	20	0,5	15,2	0,81
Кривоозерський район	21	0,5	24,2	0,74
Миколаївський район	46	1,0	32,4	1,33
Новобугський район	23	0,5	18,6	0,68
Новоодеський район	26	0,5	18,3	0,70
Очаківський район	16	0,4	11,7	1,00
Первомайський район	42	0,9	32,4	1,14
Снігурівський район	38	0,8	28,6	0,81
Миколаївська область	4746	100	19,4	3,77

яка наноситься природному середовищу внаслідок техногенної локальної дії [4]. Підсумовуючи дані по оплаті зборів, можна встановити інтегральну умовну оцінку техногенного впливу конкретного виробництва, або комплексну оцінку техногенного навантаження на певну територію. Для прикладу, в табл. 2 приведено дані по деяким територіям Миколаївської області.

Більше половини зборів забезпечують промислові підприємства міст області. Сільські райони сплачують від 0,4 до 0,9 відсотка від обласної суми кожен. Винятками є Жовтневий і Миколаївський райони, внесок яких перевищує вказані цифри внаслідок наявності на їх території потужних промислових підприємств – МГЗ в першому і “Югцемент” – в другому.

Таблиця 3.

Складові збору за вплив на довкілля

Підприємство	Збір									
	Всього		За водокористування		За тверді відходи		За викиди у повітря			
	тис. грн	%	тис. грн	%	тис. грн	%	Всього		Стаціонарні джерела тис. грн	Пересувні джерела тис. грн
							тис. грн	%		
МГЗ	1725,7	100	-	-	1646,8	95,5	78,9	4,5	72,1	6,8
ПУАЕС	133,3	100	96,0	72,0	6,4	4,8	30,9	23,2	20,3	10,6
Югцемент	18,5	100	-	-	0,1	0,7	18,4	99,3	16,7	1,7

Порівняльно-валовий метод оцінки полягає у співставленні техногенного впливу з природним значенням екологічного фактору. Наприклад, за добу на певній території техніка споживає Нт тон кисню, а природна екосистема виробляє Нп. Або на потреби виробництва з річки відбирається за годину Wт кубометрів води, а природний стік річки складає Wп ($м^3$/год).

Назвемо показником такої оцінки коефіцієнт деформації природного рівня

$$Кд = Зт / Зп$$

(тут Зт – значення техногенного впливу, а Зп – значення природного "фону"). Величина Кд=1,0 означає, що природні можливості екосистеми вичерпані і її існування можливе лише за умов зовнішньої допомоги. В такому режимі, наприклад, існує річка Інгулець. Під час роботи Інгулецької зрошувальної системи забір води перевищує стік річки і дефіцит компенсується "протитечією" води з Дніпра. В період "промивки" Інгульця після "продувки" шламосховища Кривбасу стік річки збільшується в декілька разів за рахунок спуску води з водосховищ.

Порівняльно-граничний метод ґрунтується на співставленні рівня фактичної забрудненості певного середовища (повітря, води, ґрунту) будь-якою речовиною (З) із значенням допустимої для організмів забрудненості. У якості допустимих забруднень приймаються санітарно-епідеміологічні значення для організмів (людина, риба, рослина, тварина) як гранично-допустимі (ГД) – концентрація ГДК, доза ГДД, рівень ГДР. Оціночним показником забруднення буде коефіцієнт забрудненості середовища

$$Кзс = \qquad ,$$

де і – кількість забруднюючих речовин.

Для комплексної оцінки забруднення природного довкілля введемо поняття коефіцієнту забрудненості довкілля Кзд, який вираховується по коефіцієнтам забрудненості середовищ

$$Кзд = А·Кза + Г·Кзг + Л·Кзл$$

Тут А, а – атмосфера;
Г, г – гідросфера;
Л, л – літосфера.

Коефіцієнти вагомості А, Г, Л визначаються експериментним шляхом при витримані умови (А + Г + Л) = 1,0. Головними визначальними факторами під час експертної оцінки слід вважати дефіцитність природних ресурсів (по середовищам) і сучасний стан того чи іншого природного середовища в межах екосистеми, яка аналізується.

Енергетичний метод полягає в порівнянні екосистем по величині питомих енерговитрат. Метод базується на твердження, про антропогенний вплив взагалі і техногенний, зокрема, пропорційні енерговитратам на забезпечення життєдіяльності людей. Енерговитрати, таким чином, можуть бути мірилом комплексної оцінки техногенного впливу на екологічну систему. Для забезпечення можливості порівнювати різні екосистеми абсолютні енерговитрати необхідно відносити до певної одиниці – часу, площі території екосистеми, кількості жителів тощо (квт·г/чол; квт·г/$км^2$). Обов'язковою умовою використання методу є відносно однакова ефективність використання енергії в оцінюваних системах.

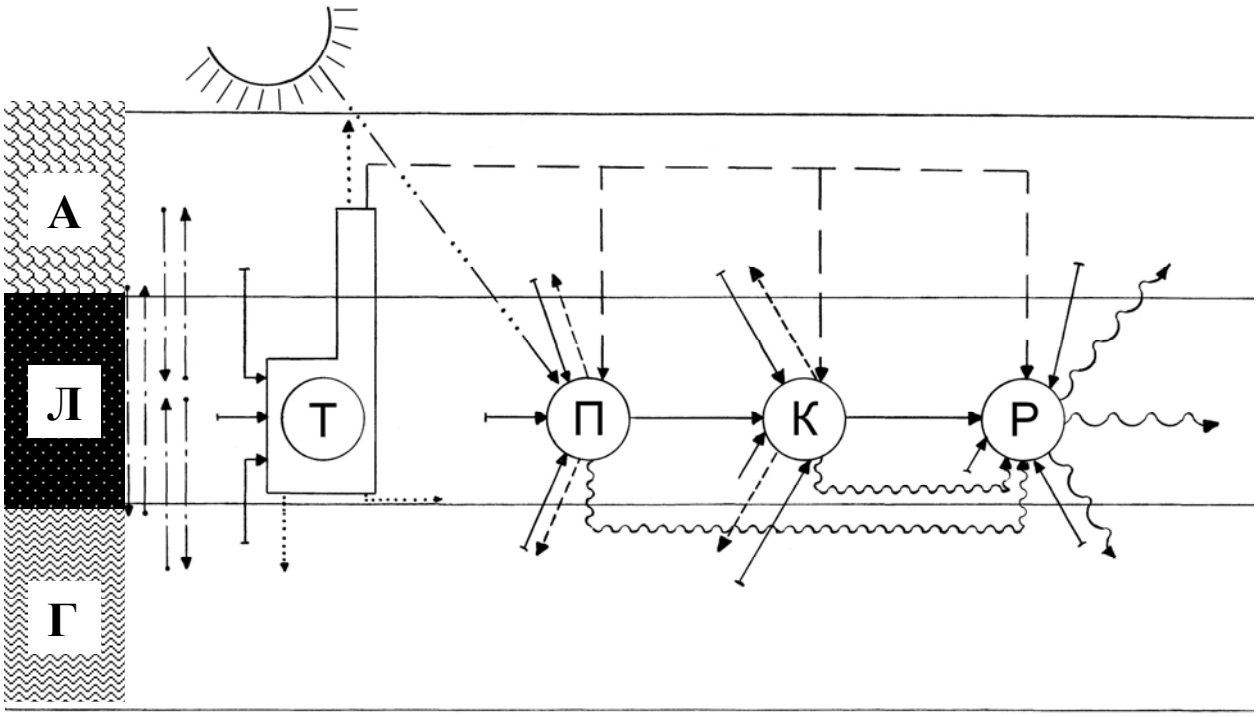
Висновки

1. Наявність широкої номенклатури приведених практичних методів дозволяє провести порівняльну оцінку техногенного впливу на природне середовище будь-якої екосистеми. Вибір методу оцінки залежить від наявних фактичних даних, які характеризують властивості екосистеми і особливості техногенної дії. Результати оцінки такими методами мають скоріше якісний характер і не можуть дати відповідь на поведінку екологічної системи. На Миколаївщині найбільш напруженими є екосистеми, до складу яких входять МГЗ і ПУАЕС.
2. Визначення характеру деформації природних екологічних систем під впливом техногенної діяльності і встановлення допустимих меж такого впливу можливо лише шляхом математичного моделювання. Модель екологічної системи повинна враховувати всі характеристики основних компонентів та впливові зв'язки природного і штучного походження з урахуванням екологічного ризику.
3. Аналіз наявних фактичних даних по характеристикам природних і штучних

Література

1. Барановський В.А. Екологічна географія й екологічна картографія. – К.: Фітосоціоцентр, 2001, - 252 с.
2. Данилишин Б.М., Хлобистов Є.В. Методичні рекомендації щодо оцінки попереджених органами

Мінекоресурсів екологічних збитків навколишньому середовищу. – К, РВПС, - 2002, 22 с.
3. Большаков В.Н. и др. Новый подход к оценке стоимости биотичных компонентов экосистем. // Экология, – М, – Наука, 1998, № 5, – С.339-348.
4. Израэль Ю.А., Семенов С.М., Хачатуров М.А. Биоклиматология и актуальные проблемы оценки последствий глобального изменения климата для экосистем суши. //Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, том XIV, С-П, Гидрометеоиздат, 1992, С 8-21.
5. Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища, – К, 1999. 5 с.



Зв'язки в локальній екологічній наземній системі

– зв'язки споживання; харчові (трофічні) зв'язки;
– зв'язки дихання;
– зв'язки "відмирання" (органічних відходів);
– зв'язки між абіотичними компонентами системи;
– зв'язки "повернення" (розкладу);
– сонячна енергія;
– вплив техногенний безпосередній (прямий);
– вплив техногенний непрямий;