

УДК 502/504

# ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ УРАЗЛИВОСТІ ПРИМОРСЬКИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

**Г.О. Статюха**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою\*  
Контактний тел.: (044) 408-82-12  
E-mail: gen.statyukha@mail.ru

**І.М. Джигирей**

Старший викладач, кандидат технічних наук\*  
Контактний тел.: (044) 408-82-12  
E-mail: dzhygyrey@gmail.com

**Д.В. Чашник**

Аспірант\*  
Контактний тел.: (044) 408-82-12  
E-mail: matrox-it@yandex.ru

**Р.П. Мельничук\***

Контактний тел.: (044) 408-82-12  
E-mail: mromanp@ukr.net  
\*Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів  
Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут»  
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

*Запропоновано індекс екологічної уразливості Причорномор'я і Приазов'я. Наведено результати оцінювання екологічної уразливості приморських регіонів України на основі даних 2006–2008 років*

*Ключові слова: сталий розвиток, екологічна уразливість, оцінювання, індикатор, індекс*

*Предложен индекс экологической уязвимости Причерноморья и Приазовья. Приведены результаты оценивания экологической уязвимости приморских регионов Украины на основе данных 2006–2008 гг*

*Ключевые слова: постоянное развитие, экологическая уязвимость, оценивание, индикатор, индекс*

*Black Sea and Sea of Azov Regional Environmental Vulnerability Index is proposed. The results of environmental vulnerability assessment of Ukrainian seaboard regions based on 2006–2008 data are given*

*Key words: sustainable development, environmental vulnerability, assessment, indicator, index*

## 1. Вступ

Програма дій «Порядок денний на 21 століття», прийнята на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку в 1992р., наголошує на необхідності розроблення наборів індикаторів задля кращого моніторингу та сприяння сталому розвитку [1]. Нині міжурядовими, національними, регіональними, науковими та недержавними організаціями розроблено і використовуються різноманітні індикатори та індекси сталого розвитку. Ці метрики оцінювання сталого розвитку відрізняються багатьма аспектами, масштабом аналізованих об'єктів, складністю, рівнем агрегування, узагальненістю, базовою концепцією тощо [2, 3], і призначені для удосконалення прийняття рішень на всіх рівнях суспільного життя задля сталого розвитку.

Екологічне керування тісно пов'язане з процесами сталого розвитку і є невід'ємною частиною економічної та соціальної систем будь-якої території. Уразливість може бути тією метрикою, яка визначає наскільки від-

повідають принципам сталого розвитку економічні, екологічні та соціальні процеси для оцінюваної території. Оцінювання екологічної уразливості території, поряд з економічною і соціальною уразливістю, дає змогу охарактеризувати опірність цієї території до зовнішніх і внутрішніх впливів, спрогнозувати можливу реакцію на майбутні події.

## 2. Оцінювання процесів сталого розвитку

У контексті сталого розвитку оцінювання дає змогу зробити висновки щодо стану і перспектив розвитку певної складової суспільства або довкілля [4]. Цією складовою може бути планета, континент, держава, регіон, корпорація або маленька громада. Різноманітні види статистик, наборів даних, показників слугують основою таких оцінювань. Агреговані індикатори сталого розвитку або індекси дають змогу здійснити ефективне згорання великих обсягів даних з метою оцінювання, прогнозування, прийняття рішень.

Необхідно відмітити, що системи індикаторів та індекси сталого розвитку активно розробляються та впроваджуються і в Україні на різних рівнях, у різних галузях. Зокрема це індикатори та індекси сталого розвитку міст (проект «Роза вітрів» [5]), галузей промисловості (критерії та індикатори сталого розвитку лісового господарства України [6]), територій (індикатори сталого розвитку прибережної зони Криму [7]), компонент (український регіональний індекс екологічної сталості [8]), регіонів (індекс сталого розвитку регіонів України [9]), країн (метрика вимірювання сталого розвитку [10]) та багато інших.

Південно-Тихоокеанською комісією із прикладної геофізики (SOPAC) розроблено індекс уразливості навколишнього середовища щодо загроз антропогенного й природного походження – EVI 2005 [11]. Уразливість екосистем розглядається у трьох аспектах, перший з яких – це уразливість навколишнього середовища, другий – стійкість до зовнішніх впливів (внутрішня уразливість екосистеми), а третій – ступінь деградації (зовнішня стійкість екосистеми). Перший аспект відображає ймовірність настання негативних наслідків, а два інших – можливості навколишнього середовища витримати вплив небезпек. Для розрахунків використовуються 50 індикаторів: 32 індикатори небезпек, 8 індикаторів опірності та 10 індикаторів пошкодження (деградації екосистем). У кожній із цих груп присутні показники метеорологічних, геологічних і біологічних умов, антропогенної діяльності й внутрішніх особливостей країни. Індикатори небезпеки пов'язані з частотою та інтенсивністю небезпечних подій. Індикатори опірності пов'язані з природними особливостями оцінюваної країни, які дають змогу краще або гірше справлятися з природними і техногенними небезпеками. Індикатори пошкодження пов'язані з уразливістю набутою через втрату екологічної цілісності або зростаючу деградацію екосистем. Основне припущення таке, що чим більше деградовані екосистеми країни у результаті попередніх природних і техногенних небезпек, тим більш уразливою вона ймовірно буде до небезпек майбутніх.

EVI 2005 розроблено для оцінювання екологічної уразливості країн світу. Це один з інструментів нового покоління створений спеціально з метою вирішення складних задач оцінювання і підтримання прийняття рішень та призначений доповнити подібні метрики економічної та соціальної уразливості. Безумовно використання такого інструменту як EVI 2005 на рівні окремих територій, наприклад, регіонів України, буде корисним для осіб, що приймають рішення у сферах національного і регіонального розвитку. Автори дослідження здійснили спробу адаптувати цей індекс, а саме систему індикаторів екологічної уразливості та методику розрахунку, задля уможливлення його застосування для оцінювання екологічної уразливості приморських регіонів України.

### 3. Індекс екологічної уразливості Причорномор'я і Приазов'я

Індекс екологічної уразливості Причорномор'я і Приазов'я (BREVI 2008, Black Sea and Sea of Azov Re-

gional Environmental Vulnerability Index) розроблено на основі EVI 2005 для оцінювання екологічної уразливості приморських регіонів України з врахуванням національних природоохоронних пріоритетів та особливостей оцінюваних об'єктів. Регіональну модель оцінювання сформовано на основі трьох аспектів екологічної уразливості, розглянутих вище, з використанням 40 індикаторів.

#### Індикатори небезпеки

**WND** / Вітер. Середньорічне перевищення швидкості вітру (сумарна різниця між максимальною швидкістю вітру (м/с) місяців 2006–2008 рр. і максимальною усередненою швидкістю вітру для цих місяців за 1998–2008 рр., якщо швидкість перевищує усереднену більш ніж на 20 %).

**DRT** / Посуха. Середньорічний дефіцит опадів (сумарний дефіцит опадів (мм) за місяці 2006–2008 рр., для яких опади були менші на 20 % від середньомісячних за 1998–2008 рр.).

**WET** / Дощ. Середньорічний надлишок опадів (сумарний надлишок опадів (мм) за місяці 2006–2008 рр., для яких опади були більші на 20 % від середньомісячних за 1998–2008 рр.).

**HOT** / Спека. Середньорічне перевищення температури (сумарна різниця (°C) між середньою максимальною температурою місяців 2006–2008 рр. і максимальною усередненою температурою для цих місяців за 1998–2008 рр., якщо температура перевищує усереднену більш ніж на 5°C).

**CLD** / Холод. Середньорічне зменшення температури (сумарна різниця (°C) між середньою мінімальною температурою місяців 2006–2008 рр. і мінімальною усередненою температурою для цих місяців за 1998–2008 рр., якщо температура менше усередненої більш ніж на 5°C).

**SST** / ТПМ. Температура поверхні моря (середньорічне відхилення показника (°C) за 2006–2008 рр. щодо середньомісячних значень за 1998–2008 рр.).

**OPN** / Відкритість. Середньорічний обсяг імпорту товарів за 2006–2008 рр. до території області (млн дол. США/км<sup>2</sup>).

**LSS** / Збезліснення. Змінювання лісистості (за 2006–2008 рр., %).

**ABR** / Абразія. Розмив морського узбережжя (середньорічна довжина ураженого узбережжя за 2006–2008 рр. до загальної довжини морського узбережжя регіону, %).

**FLD** / Підтоплення. Поширення екзогенних геологічних процесів – підтоплення (середньорічна площа ураженої території регіону в 2006–2008 рр. до загальної площі регіону, %).

**ERS** / Ерозія. Поширення екзогенних геологічних процесів – ерозія (середньорічна площа ураженої території регіону в 2006–2008 рр. до загальної площі регіону, %).

**SLD** / Зсуви. Поширення екзогенних геологічних процесів – зсуви (середньорічна площа ураженої території регіону в 2006–2008 рр. до загальної площі регіону, %).

**RES** / ПЗФ. Природно-заповідний фонд (загальна площа об'єктів природно-заповідного фонду станом на 2008 р. до території області, %).

**FRM** / Тваринництво. Сільськогосподарська тваринна продукція (середньорічне виробництво м'яса

всіх видів у забійній вазі за 2006–2008 рр. до території області, т/км<sup>2</sup>).

**FRT** / Добрива. Інтенсивність використання добрив (середньорічне використання добрив за 2006–2008 рр. до загальної території області, т/км<sup>2</sup>).

**PST** / Пестициди. Інтенсивність використання пестицидів (середньорічне використання пестицидів за 2006–2008 рр. до загальної території області, кг/км<sup>2</sup>).

**FSH** / Рибодобування. Вилов водних живих ресурсів (максимальний річний вилов ВЖР за 2006–2008 рр. у морській риболовній зоні України у межах затвердженого ліміту вилову, т/км<sup>2</sup> зони).

**WTR** / Вода. Економія свіжої води (середньорічна частка економії свіжої води за рахунок оборотної за 2006–2008 рр., %).

**SO2** / Повітря. Викиди діоксиду сірки (середньорічні викиди діоксиду та інших сполук сірки за 2006–2008 рр. до загальної території області, т/км<sup>2</sup>).

**WST** / Відходи. Обсяги відходів (середньорічні обсяги утворених та одержаних відходів I–III класів небезпеки за 2006–2008 рр. до загальної території області, т/км<sup>2</sup>).

**TRT** / Перероблення. Використання і знешкодження відходів (середньорічні обсяги використаних і знешкоджених відходів I–III класів небезпеки за 2006–2008 рр., % утворених та одержаних відходів).

**ENR** / Енергоспоживання. Використання енергосилоносіїв (середньорічне споживання паливно-енергетичних ресурсів на енергетичні цілі за 2006–2008 рр. до загальної території області, т умовного палива/км<sup>2</sup>).

**SPL** / Розливи. Розливи нафти і небезпечних речовин (кількість розливів нафти і небезпечних речовин об'ємом більше 1000 л за 2006–2008 рр. на 1000 км узбережжя, од./тис. км).

**MNN** / Видобування. Видобування корисних копалин (середньорічні обсяги видобування корисних копалин підземним і відкритим методами за 2006–2008 рр. до загальної території області, т/км<sup>2</sup>).

**VHC** / Транспорт. Засоби пересування (кількість пересуваних транспортних засобів (за даними 2008 р.) до загальної території області, од./км<sup>2</sup>).

**DEM** / Демографія. Зміна у чисельності населення регіону (за 2006–2008 рр., %).

**MNY** / Заходи. Фінансування природоохоронних заходів (обсяг фактичних витрат на природоохоронні заходи, фінансування яких здійснювалось за рахунок коштів Державного та обласного фондів охорони навколишнього природного середовища у 2006–2008 рр. до загальної території області, тис. грн/км<sup>2</sup>).

#### *Індикатори отірності*

**LND** / Територія. Загальна територія області (км<sup>2</sup>).

**DSP** / Розосередження. Розосередження території області (відношення довжини границь до загальної території, км/км<sup>2</sup>).

**RLF** / Рельєф. Висота над рівнем моря (висота найвищої точки, м).

**LOW** / Низини. Низовини на території області (частка території області з висотою над рівнем моря до 50 м, %).

**BRD** / Узбережжя. Приморські границі (частка приморських границь у загальній довжині границь області, %).

**MGR** / Мігранти. Види мігруючих тварин (відношення кількості видів, занесених до додатків Конвенції про збереження мігруючих видів диких тварин, до загальної території регіону, од./тис. км<sup>2</sup>).

**END** / Ендеміки. Види ендемічних рослин і тварин (відношення кількості ендемічних видів до загальної території регіону, од./тис. км<sup>2</sup>).

#### *Індикатори пошкодження*

**FLR** / Флора. Види флори, що охороняється, в регіоні (кількість видів згідно Червоної книги України, Бернської конвенції, CITES та Європейського червоного списку станом на 01.01.2009 р., од./тис. км<sup>2</sup>).

**FAU** / Фауна. Види фауни, що охороняється, в регіоні (кількість видів згідно Червоної книги України, Бернської конвенції, Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення, Боннської конвенції, Угоди про збереження афро-євразійських мігруючих водноболотних птахів, Угоди про збереження кажанів в Європі та Європейського червоного списку станом на 01.01.2009 р., од./тис. км<sup>2</sup>).

**CVR** / Лісистість. Лісовкрита територія (відношення покритої лісом площі до загальної площі регіону, %).

**FRG** / Фрагментація. Фрагментованість навколишнього природного середовища регіону (відношення загальної довжини залізниць та автошляхів регіону до території регіону за даними 2008 р., км/км<sup>2</sup>).

**POP** / Населення. Щільність населення регіону (за даними 2008 р., чол./км<sup>2</sup>).

**CST** / Примор'я. Щільність приморського населення (середня щільність наявного населення у приморських районах області за даними 2008 р., чол./км<sup>2</sup>).

Значення індикаторів для шести оцінюваних об'єктів, Донецької, Запорізької, Миколаївської, Одеської та Херсонської областей і АР Крим, одержано на основі статистичних і аналітичних даних наявних у Державному комітеті статистики України, Державній службі автомобільних доріг України, Галузевому державному архіві гідрометслужби України у складі Центральної геофізичної обсерваторії, представлених у щорічних регіональних доповідях про стан навколишнього природного середовища і екологічних паспортах регіонів Мінприроди, національних доповідях про стан техногенної та природної безпеки в Україні МНС та інших джерел.

Індикатори, представлені вище, може бути розподілено не тільки за аспектами екологічної уразливості, а зокрема і за типами індикаторів [11]. У роботі прийнято такі типи індикаторів екологічної уразливості: погоди і клімату, геологічні, географічні, ресурсів і послуг, народонаселення (рис. 1).

Процедури підтримання прийняття рішень потребують розподілення індикаторів екологічної уразливості за категоріями, по яких можна ефективно здійснювати аналізування та інтерпретування отримуваних результатів. Скористаємось такими категоріями, представленими у системі оцінювання екологічної уразливості країн світу за оригінальним EVI 2005 як підіндекси політики [11]. Категорії прийняття рішень для оцінювання екологічної уразливості регіонів України та індикатори, які вони містять, показано у табл. 1: СС – змінювання клімату, АФ – вплив природних лих, НН – здоров'я людини, ND – сільське господарство і рибодобування, WT – водні ресурси, DS – опустелювання, BD – біорізноманіття.

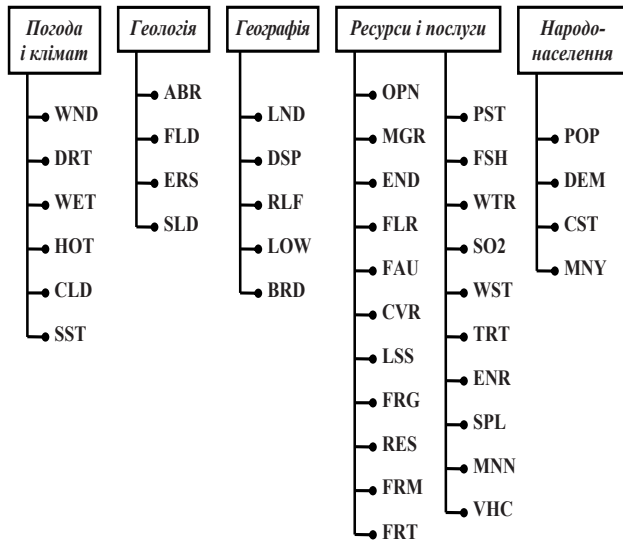


Рис. 1. Типізація індикаторів екологічної уразливості в моделі BREVІ 2008

Таблиця 1

Категоризація індикаторів екологічної уразливості в моделі BREVІ 2008

Індикатор	Категорії прийняття рішень						
	CC	ND	AF	WT	DS	BD	
WND	CC	ND			DS		
DRT	CC	ND	AF	WT	DS		
WET	CC	ND	AF	WT	DS		
HOT	CC	ND			DS		
CLD		ND			DS		
SST	CC		AF			BD	
ABR		ND					
FLD		ND					
ERS		ND			DS		
SLD		ND					
LND	CC					BD	
DSP	CC					BD	
RLF	CC				DS	BD	
LOW	CC				DS	BD	
BRD						BD	
OPN						BD	
MGR						BD	
END						BD	
FLR						BD	
FAU						BD	
CVR				WT	DS	BD	
LSS				WT	DS	BD	
FRG						BD	
RES				WT		BD	
FRT			HH	WT			
PST			HH	WT			
WTR	CC		HH	WT	DS		
SO2			HH				
TRT			HH	WT			
POP	CC	ND		WT			
DEM				WT			
CST	CC	ND					

Методика розрахунку значень індексу BREVІ є агрегативною і не потребує складного математичного апарату. Головна особливість методики полягає у зведенні значень індикаторів екологічної уразливості за допомогою перетворень до єдиної шкали, згідно якої індикатори приймають цілочислові значення від «1» до «7» (табл. 2). У побудованні шкал керувались результатами дослідження [11] з врахуванням національних особливостей природоохоронної діяльності, рекомендаціями державних організацій, зокрема Мінприроди [12], МНС [13] і представництва ООН в Україні [14], та іншими джерелами.

Індекси аспектів екологічної уразливості розраховують за формулами (1).

$$I_H = (i_{WND} + i_{DRT} + i_{WET} + i_{HOT} + i_{CLD} + i_{SST} + i_{OPN} + i_{LSS} + i_{ABR} + i_{FLD} + i_{ERS} + i_{SLD} + i_{RES} + i_{FRM} + i_{FRT} + i_{PST} + i_{FSH} + i_{WTR} + i_{SO2} + i_{WST} + i_{TRT} + i_{ENR} + i_{SPL} + i_{MNN} + i_{VHC} + i_{DEM} + i_{MNY})/27, \quad (1)$$

$$I_R = (i_{LND} + i_{DSP} + i_{RLF} + i_{LOW} + i_{BRD} + i_{MGR} + i_{END})/7,$$

$$I_D = (i_{FLR} + i_{FAU} + i_{CVR} + i_{FRG} + i_{POP} + i_{CST})/6,$$

де  $I_H$  – індекс небезпек,  $I_R$  – індекс опірності,  $I_D$  – індекс пошкодження,  $i_k$  – масштабовані індикатори екологічної уразливості,  $k = 1, 2, \dots, 40$  – код індикатора. Значення категорій прийняття рішень отримують підсумовуванням у межах аспектів екологічної уразливості згідно категоризації, представленої у табл. 1.

Категорія прийняття рішень «Змінування клімату»

– небезпеки  $I_{H,CC} = (i_{WND} + i_{DRT} + i_{WET} + i_{HOT} + i_{SST} + i_{WTR})/6;$

– опірність  $I_{R,CC} = (i_{LND} + i_{DSP} + i_{RLF} + i_{LOW})/4;$

– пошкодження  $I_{D,CC} = (i_{POP} + i_{CST})/2.$

Категорія прийняття рішень «Вплив природних лих»

– небезпеки  $I_{H,ND} = (i_{WND} + i_{DRT} + i_{WET} + i_{HOT} + i_{CLD} + i_{ABR} + i_{FLD} + i_{ERS} + i_{SLD})/9;$

– пошкодження  $I_{D,ND} = (i_{POP} + i_{CST})/2.$

Категорія прийняття рішень «Здоров'я людини»

– небезпеки  $I_{H,HH} = (i_{FRT} + i_{PST} + i_{WTR} + i_{SO2} + i_{TRT})/5.$

Категорія прийняття рішень «Сільське господарство і рибодобування»

– небезпеки  $I_{H,AF} = (i_{DRT} + i_{WET} + i_{SST})/3.$

Категорія прийняття рішень «Водні ресурси»

– небезпеки  $I_{H,WT} = (i_{DRT} + i_{WET} + i_{LSS} + i_{RES} + i_{FRT} + i_{PST} + i_{WTR} + i_{TRT} + i_{DEM})/9;$

– пошкодження  $I_{D,WT} = (i_{CVR} + i_{POP})/2.$

Категорія прийняття рішень «Опустелювання»

– небезпеки  $I_{H,DS} = (i_{WND} + i_{DRT} + i_{WET} + i_{HOT} + i_{CLD} + i_{ERS} + i_{LSS} + i_{WTR})/8;$

– опірність  $I_{R,DS} = (i_{RLF} + i_{LOW})/2;$

– пошкодження  $I_{D,DS} = i_{CVR}.$

Категорія прийняття рішень «Біорізноманіття»

– небезпеки  $I_{H,BD} = (i_{SST} + i_{OPN} + i_{LSS} + i_{RES})/4;$

– опірність  $I_{R,BD} = (i_{LND} + i_{DSP} + i_{RLF} + i_{LOW} + i_{BRD} + i_{MGR} + i_{END})/7;$

Таблица 2

Масштабування індикаторів екологічної уразливості

Код індикатора	Одиниці вимірювання	Шкала						
		1	2	3	4	5	6	7
WND	м/с	$i \leq 20$	$20 < i \leq 40$	$40 < i \leq 60$	$60 < i \leq 80$	$80 < i \leq 100$	$100 < i \leq 120$	$i > 120$
DRT	см	$i \leq 25$	$25 < i \leq 50$	$50 < i \leq 75$	$75 < i \leq 100$	$100 < i \leq 125$	$125 < i \leq 150$	$i > 150$
WET	см	$i \leq 20$	$20 < i \leq 40$	$40 < i \leq 60$	$60 < i \leq 80$	$80 < i \leq 100$	$100 < i \leq 120$	$i > 120$
HOT	°C	$i \leq 10$	$10 < i \leq 20$	$20 < i \leq 30$	$30 < i \leq 40$	$40 < i \leq 50$	$50 < i \leq 60$	$i > 60$
CLD	°C	$i \leq 40$	$40 < i \leq 80$	$80 < i \leq 120$	$120 < i \leq 160$	$160 < i \leq 200$	$200 < i \leq 240$	$i > 240$
SST	°C	$i \leq 1$	$1 < i \leq 4$	$4 < i \leq 7$	$7 < i \leq 10$	$10 < i \leq 13$	$13 < i \leq 16$	$i > 16$
ABR 1	%	$i \leq 0,7$	$0,7 < i \leq 1,3$	$1,3 < i \leq 1,9$	$1,9 < i \leq 2,5$	$2,5 < i \leq 3,1$	$3,1 < i \leq 3,7$	$i > 3,7$
FLD 1	%	$i \leq 0,7$	$0,7 < i \leq 1,3$	$1,3 < i \leq 1,9$	$1,9 < i \leq 2,5$	$2,5 < i \leq 3,1$	$3,1 < i \leq 3,7$	$i > 3,7$
ERS 1	%	$i \leq 0,7$	$0,7 < i \leq 1,3$	$1,3 < i \leq 1,9$	$1,9 < i \leq 2,5$	$2,5 < i \leq 3,1$	$3,1 < i \leq 3,7$	$i > 3,7$
SLD 1	%	$i \leq 0,7$	$0,7 < i \leq 1,3$	$1,3 < i \leq 1,9$	$1,9 < i \leq 2,5$	$2,5 < i \leq 3,1$	$3,1 < i \leq 3,7$	$i > 3,7$
LND	тис. км <sup>2</sup>	$i \leq 5$	$5 < i \leq 10$	$10 < i \leq 15$	$15 < i \leq 20$	$20 < i \leq 25$	$25 < i \leq 30$	$i > 30$
DSP	км/ тис.км <sup>2</sup>	$i \leq 10$	$10 < i \leq 30$	$30 < i \leq 50$	$50 < i \leq 70$	$70 < i \leq 90$	$90 < i \leq 110$	$i > 110$
RLF	км	$i \leq 0,2$	$0,2 < i \leq 0,4$	$0,4 < i \leq 0,6$	$0,6 < i \leq 0,8$	$0,8 < i \leq 1,0$	$1,0 < i \leq 1,2$	$i > 1,2$
LOW	%	$i \leq 15$	$15 < i \leq 30$	$30 < i \leq 45$	$45 < i \leq 60$	$60 < i \leq 75$	$75 < i \leq 90$	$i > 90$
BRD	%	$i \leq 15$	$15 < i \leq 30$	$30 < i \leq 45$	$45 < i \leq 60$	$60 < i \leq 75$	$75 < i \leq 90$	$i > 90$
OPN	тис. дол. США/км <sup>2</sup>	$i \leq 50$	$50 < i \leq 100$	$100 < i \leq 150$	$150 < i \leq 200$	$200 < i \leq 250$	$250 < i \leq 300$	$i > 300$
MGR	од./ тис. км <sup>2</sup>	$i \leq 0,5$	$0,5 < i \leq 1,0$	$1,0 < i \leq 1,5$	$1,5 < i \leq 2,0$	$2,0 < i \leq 2,5$	$2,5 < i \leq 3,0$	$i > 3,0$
END 1	од./ тис. км <sup>2</sup>	—	$i \leq 2$	$2 < i \leq 4$	$4 < i \leq 6$	$6 < i \leq 8$	$8 < i \leq 10$	$i > 10$
FLR	од./ тис. км <sup>2</sup>	—	$i \leq 1$	$1 < i \leq 2$	$2 < i \leq 3$	$3 < i \leq 4$	$4 < i \leq 5$	$i > 5$
FAU	од./ тис. км <sup>2</sup>	—	$i \leq 1$	$1 < i \leq 2$	$2 < i \leq 3$	$3 < i \leq 4$	$4 < i \leq 5$	$i > 5$
CVR	%	$i \leq 85$	$70 \leq i < 85$	$55 \leq i < 70$	$40 \leq i < 55$	$25 \leq i < 40$	$10 \leq i < 25$	$i < 10$
LSS	%	$i \leq 2$	$1 \leq i < 2$	$0 < i < 1$	$i = 0$	$0 < i < -1$	$-2 < i \leq -1$	$i \leq -2$
FRG	км/км <sup>2</sup>	$i \leq 0,2$	$0,2 < i \leq 0,4$	$0,4 < i \leq 0,6$	$0,6 < i \leq 0,8$	$0,8 < i \leq 1,0$	$1,0 < i \leq 1,2$	$i > 1,2$
RES	%	$i \leq 12$	$10 \leq i < 12$	$8 \leq i < 10$	$6 \leq i < 8$	$4 \leq i < 6$	$2 \leq i < 4$	$i < 2$
FRM	т/км <sup>2</sup>	$i \leq 20$	$20 < i \leq 40$	$40 < i \leq 60$	$60 < i \leq 80$	$80 < i \leq 100$	$100 < i \leq 120$	$i > 120$
FRT	т/км <sup>2</sup>	$i \leq 1,5$	$1,5 < i \leq 3,0$	$3,0 < i \leq 4,5$	$4,5 < i \leq 6,0$	$6,0 < i \leq 7,5$	$7,5 < i \leq 9,0$	$i > 9,0$
PST	кг/км <sup>2</sup>	—	$i \leq 10$	$10 < i \leq 20$	$20 < i \leq 30$	$30 < i \leq 40$	$40 < i \leq 50$	$i > 50$
FSH	т/км <sup>2</sup>	$i \leq 0,2$	$0,2 < i \leq 0,4$	$0,4 < i \leq 0,6$	$0,6 < i \leq 0,8$	$0,8 < i \leq 1,0$	$1,0 < i \leq 1,2$	$i > 1,2$
WTR	%	$i \leq 90$	$75 \leq i < 90$	$60 \leq i < 75$	$45 \leq i < 60$	$30 \leq i < 45$	$15 \leq i < 30$	$i < 15$
SO2 1	т/км <sup>2</sup>	$i \leq 0,1$	$0,1 < i \leq 0,5$	$0,5 < i \leq 0,9$	$0,9 < i \leq 1,3$	$1,3 < i \leq 1,7$	$1,7 < i \leq 2,1$	$i > 2,1$
WST 1	т/км <sup>2</sup>	$i > 1$	$1 < i \leq 2$	$2 < i \leq 3$	$2 < i \leq 4$	$4 < i \leq 5$	$5 < i \leq 6$	$i > 6$
TRT	%	$i \leq 90$	$75 \leq i < 90$	$60 \leq i < 75$	$45 \leq i < 60$	$30 \leq i < 45$	$15 \leq i < 30$	$i < 15$
ENR	т/км <sup>2</sup>	—	$i \leq 40$	$40 < i \leq 80$	$80 < i \leq 120$	$120 < i \leq 160$	$160 < i \leq 200$	$i > 200$
SPL	од./тис. км	—	$i \leq 0,05$	$0,05 < i \leq 0,1$	$0,1 < i \leq 0,15$	$0,15 < i \leq 0,2$	$0,2 < i \leq 0,25$	$i > 0,25$
MNN 1	т/км <sup>2</sup>	$i \leq 1$	$1 < i \leq 2$	$2 < i \leq 3$	$2 < i \leq 4$	$4 < i \leq 5$	$5 < i \leq 6$	$i > 6$
VHC 1	од./км <sup>2</sup>	$i \leq 1$	$1 < i \leq 1,5$	$1,5 < i \leq 2$	$2 < i \leq 2,5$	$2,5 < i \leq 3$	$3 < i \leq 3,5$	$i > 3,5$
POP	чол./км <sup>2</sup>	$i \leq 15$	$15 < i \leq 30$	$30 < i \leq 45$	$45 < i \leq 60$	$60 < i \leq 75$	$75 < i \leq 90$	$i > 90$
DEM	%	$i < 0$	$i = 0$	$0 < i \leq 0,5$	$0,5 < i \leq 1$	$1 < i \leq 1,5$	$1,5 < i \leq 2$	$i > 2$
CST	чол./км <sup>2</sup>	$i \leq 15$	$15 < i \leq 30$	$30 < i \leq 45$	$45 < i \leq 60$	$60 < i \leq 75$	$75 < i \leq 90$	$i > 90$
MNY	тис. грн./км <sup>2</sup>	$i \leq 30$	$25 \leq i < 30$	$20 \leq i < 25$	$15 \leq i < 20$	$10 \leq i < 15$	$5 \leq i < 10$	$i < 5$

1. Перетворення  $\ln(i+1)$ .

2. Або обсяг вилову перевищує затверджений ліміт для відповідного року.

– пошкодження  $I_{D,BD} = (i_{FLR} + i_{FAU} + i_{CVR} + i_{FRG})/4$ .

Узагальнені значення категорій прийняття рішень можна розрахувати скориставшись формулами (2).

$$I_{CC} = (i_{WND} + i_{DRT} + i_{WET} + i_{HOT} + i_{SST} + i_{LND} + i_{DSP} + i_{RLF} + i_{LOW} + i_{WTR} + i_{POP} + i_{CST})/12,$$

$$I_{ND} = (i_{WND} + i_{DRT} + i_{WET} + i_{HOT} + i_{CLD} + i_{ABR} + i_{FLD} + i_{ERS} + i_{SLD} + i_{POP} + i_{CST})/11,$$

$$I_{HH} = (i_{FRT} + i_{PST} + i_{WTR} + i_{SO2} + i_{TRT})/5,$$

$$I_{AF} = (i_{DRT} + i_{WET} + i_{SST})/3,$$

$$I_{WT} = (i_{DRT} + i_{WET} + i_{CVR} + i_{LSS} + i_{RES} + i_{FRT} +$$

$$+ i_{PST} + i_{WTR} + i_{TRT} + i_{POP} + i_{DEM})/11,$$

$$I_{DS} = (i_{WND} + i_{DRT} + i_{WET} + i_{HOT} + i_{CLD} + i_{ERS} + i_{RLF} + i_{LOW} + i_{CVR} + i_{LSS} + i_{WTR})/11,$$

$$I_{BD} = (i_{SST} + i_{LND} + i_{DSP} + i_{RLF} + i_{LOW} + i_{BRD} + i_{OPN} + i_{MGR} + i_{END} + i_{FLR} + i_{FAU} + i_{CVR} + i_{LSS} + i_{FRG} + i_{RES})/15,$$

де  $I_{CC}$ ,  $I_{ND}$ ,  $I_{HH}$ ,  $I_{AF}$ ,  $I_{WT}$ ,  $I_{DS}$ ,  $I_{BD}$  – узагальнені значення категорій «Змінювання клімату», «Вплив природних лих», «Здоров'я людини», «Сільське господарство і рибодобування», «Водні ресурси», «Опустелювання» і «Біорізноманіття», відповідно.



Індекс екологічної уразливості Причорномор'я і Приазов'я є середнім арифметичним індикаторів екологічної уразливості:

$$BREVI = \frac{1}{40} \cdot \sum_{k=1}^{40} i_k \quad (3)$$

Шкала для визначення оцінки екологічної уразливості регіону представлена у табл. 3.

**Таблиця 3**

Оцінювання екологічної уразливості за індексом екологічної уразливості Причорномор'я і Приазов'я

Значення BREVI	Рівень екологічної уразливості регіону
> 4	Критичний
3 – 4	Високий
2 – 3	Середній
< 2	Низький

#### 4. Аналізування результатів

Оброблювання наборів даних для 2006-2008 років, їх перетворення і масштабування дає змогу одержати значення індикаторів екологічної уразливості (табл. 4) для Автономної Республіки Крим (АР), Донецької (ДН), Запорізької (ЗП), Миколаївської (МК), Одеської (ОД) та Херсонської (ХР) областей. На основі цих масштабованих значень визначено значення аспектів та категорій прийняття рішень, рейтинг приморських регіонів України від найбільш до найменш екологічно уразливих (табл. 5) згідно BREVI 2008 та профілі екологічної уразливості цих регіонів, один з яких показано на рис. 2.

**Таблиця 4**

Індикатори екологічної уразливості приморських регіонів України за даними 2006-2008 років

Індикатор	Регіон					
	АР	ДН	ЗП	МК	ОД	ХР
WND	3	2	2	4	5	2
DRT	6	6	4	6	7	7
WET	7	7	6	3	5	4
HOT	2	2	2	7	7	2
CLD	2	3	3	1	1	2
SST	7	7	7	7	7	7
ABR	7	6	7	6	7	5
FLD	5	5	5	7	7	6
ERS	7	4	7	6	6	2
SLD	4	1	1	1	1	1
LND	6	6	6	5	7	6
DSP	4	3	3	3	4	3
RLF	7	2	2	1	2	1
LOW	2	1	4	1	2	4
BRD	7	1	2	1	2	3
OPN	1	4	3	1	2	1
MGR	4	4	1	1	7	1
END	3	5	4	4	3	4
FAU	7	7	6	4	7	6

**Продовження таблиці 4**

FLR	7	2	7	2	2	5
CVR	6	7	7	7	7	7
LSS	5	1	7	5	4	7
FRG	2	2	2	1	2	1
RES	5	6	6	6	6	4
FRM	1	1	1	1	1	1
FRT	6	7	7	4	7	4
PST	6	–*	5	5	5	5
FSH	2	2	2	2	2	2
WTR	5	2	1	6	5	3
SO2	2	7	5	1	1	1
WST	3	4	3	3	1	1
TRT	7	6	7	1	6	6
ENR	4	7	7	4	4	4
SPL	7	1	1	1	1	1
MNN	1	2	1	1	1	1
VHC	5	6	5	4	4	4
POP	6	7	5	4	5	3
DEM	1	1	1	1	1	1
CST	3	3	2	2	3	2
MNY	7	6	7	7	7	7

\*) немає даних

**Таблиця 5**

Рейтинг екологічної уразливості приморських регіонів України за даними 2006-2008 років

Регіон	Значення BREVI 2008	Рівень екологічної уразливості
Миколаївська область Херсонська область	3,43	Високий
Донецька область	4,00	Високий
Запорізька область Одеська область	4,10	Критичний
АР Крим	4,55	Критичний
Середнє значення	3,93	Високий

Така узагальнена оцінка як BREVI 2008 не дає змогу визначити конкретні проблеми області, необхідно виконати зворотний аналіз, а саме повернутись до значень аспектів екологічної уразливості, категорій прийняття рішень та індикаторів. Тут важливу роль в інтерпретуванні результатів та підтримуванні прийняття рішень можуть відігравати регіональні профілі регіонів [9, 15]. Регіональний профіль містить значення BREVI 2008, значення індикаторів у діапазоні від 1 до 7, що дає змогу визначити сфери екологічної опірності та екологічної уразливості регіону (див. рис. 2). Аспекти екологічної уразливості відображено за допомогою пелюсткової діаграми із зазначенням значень для регіону і середніх значень для усіх оцінюваних об'єктів. Також представлено розраховані значення категорій прийняття рішень та наведено індикатори, що мають максимальне значення і відображають проблеми регіональної екологічної уразливості.



Рис. 2. Профіль екологічної уразливості Одеської області

Результати використання регіонального індексу в значній мірі залежать від якості вихідних даних. Отримувані результати, поряд з індексами оцінювання економічної та соціальної уразливості можуть дати змогу представити повну картину уразливості регіонів, зокрема приморських, до природних і антропогенних впливів.

**5. Висновки**

Запропоновано індекс BREVI 2008 для оцінювання екологічної уразливості приморських регіонів України на основі даних 2006-2008 рр. Одним з результатів дослідження є рейтинг екологічної уразливості приморських регіонів 2008 р. Визначено, що приморським регіоном з найвищою екологічною уразливістю серед оцінюваних є АР Крим, з найнижчою – Миколаївська і Херсонська області. Сформовано профілі екологічної уразливості 2008 р. регіонів Причорномор'я і Приазов'я України. Одержані результати може бути використано у прийнятті рішень та для інформування громадськості.

**Література**

1. Програма дій «Порядок денний на XXI століття» [Текст] / Пер. з англ.: ВГО «Україна. Порядок денний на XXI століття». – К.: Інтелсфера, 2000. – 360 с.

2. Categorising tools for sustainability assessment [Text] / B. Ness, E. Urbel-Piirsalu, S. Anderberg, L. Olsson // Ecological Economics. – 2007. – Vol. 60. – P. 498-508.

3. An overview of sustainability assessment methodologies [Text] / R.K. Singh, H.R. Murty, S.K. Gupta, A.K. Dikshit // Ecological indicators. – 2009. – Vol. 9. – P. 189-212.

4. Sustainability Indicators: A Scientific Assessment [Text] / ed. T. Hak, B. Moldan, and A. L. Dahl. – Washington: Island Press, 2007. – 448 pp.

5. Індикатори устійного розвитку 2002 – проект «Ро-за ветров» – публикации [Electron. resource]. – Access link: <http://www.ecology.donbass.com/pages/publ/indicators2002.htm>.

6. Павлішук, О.П. Особливості формування системи критеріїв та індикаторів для оцінки сталого розвитку лісового господарства України [Текст] / О.П. Павлішук // Науковий вісник: Екологізація економіки як інструмент сталого розвитку в умовах конкурентного середовища. – Львів: НЛТУУ, 2005. – Вип. 15.7. – С. 103–109.

7. Панкратова, Н.Д. К вопросу разработки индикаторов устойчивого развития прибрежной зоны Крыма [Текст] / Н.Д. Панкратова, Л.М. Бугаева, А.Ю. Безносик // Вісник ЧДТУ. – 2008. – №4. – С. 48–52.

8. Статюха, Г.О. Оцінювання екологічної сталості регіонів України на основі даних 2005-2007 років [Текст] / Г.О. Статюха, І.М. Джигирей, І.А. Тищенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 3. – С. 20–25.

9. Аналіз сталого розвитку – глобальний і регіональний контексти: У 2 ч. / Міжнар. рада з науки (ICSU) [та ін.]; наук. кер. М. З. Згуровський. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку. Аналіз – 2009. – 200 с.

10. Згуровский, М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005–2007/2008 годы) [Текст] / М.З. Згуровский, А.Д. Гвишиани. – К.: Изд.-во «Политехника», 2008. – 331 с.

11. Environmental Vulnerability Index (EVI) [Electron. resource]. – Access link: <http://www.vulnerabilityindex.net/index.htm>.

12. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua>.

13. МНС України [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>

14. Україна 2015. Цілі розвитку тисячоліття | Цілі | Забезпечення сталого розвитку довкілля [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukraine2015.org.ua/goals/environment>.

15. Екопрофіль регіону – інструмент відображення й аналізу складових сталого розвитку довкілля [Текст] / Г.А. Статюха, І.Н. Джигирей, Д.Р. Коломієць та ін. // Матеріали І наук.-практ. конф. з міжн. участю «Комп'ютерне моделювання в хімії та технологіях», Черкаси, 12-16 травня 2008 р.: тези доповідей / [заг. ред. Г.О. Статюха, В.І. Унрод]. – Черкаси: Вид-во «Черкаський ЦНТЕІ», 2008. – С. 214-215.