

О. Є. Совга, І. В. Мезенцева, С. П. Любарцева

Оцінка асиміляційної місткості екосистеми Дніпровського лиману щодо нафтопродуктів як метод нормування їх скиду в акваторію лиману

(Представлено академіком НАН України В. О. Івановим)

На підставі натурних даних за 1996–2006 рр. розраховано асиміляційну місткість екосистеми Дніпровського лиману щодо нафтопродуктів, яка дозволяє здійснювати нормування скиду цього виду забруднення досліджуваної акваторії з метою підвищення здатності Дніпровського лиману до самоочищення. Для оцінки швидкості елімінації забруднення з екосистеми використовували спеціалізований статистичний алгоритм. Асиміляційна місткість екосистеми Дніпровського лиману стосовно нафтопродуктів оцінюється в (8 ± 3) тис. т у рік.

Існуючі методи оцінки екологічного стану водної акваторії і донних відкладів — індекс забрудненості вод, коефіцієнт донної акумуляції, клас якості вод [1] — фактично тільки характеризують рівень їх забрудненості. Нормування надходжень у водну екосистему забруднюючих речовин (ЗР) може бути виконане на підставі розрахунку асиміляційної місткості екосистеми відносно певної ЗР [2]. Асиміляційна місткість (АМ) є кількісною оцінкою здатності екосистеми до самоочищення.

У даному повідомленні досліджується рівень забруднення вод Дніпровського лиману, що є проміжною ланкою в системі річка — море, за період 1996–2006 рр. Рівень забруднення вод лиману слід розглядати як один з основних чинників, що формують об'єм надходження ЗР через Кінбурнську протоку в північно-західну частину Чорного моря. За ці роки у Дніпровському лимані було проведено 40 комплексних зйомок акваторії, із загальним числом визначень вмісту нафтопродуктів — 597. Якість вод Дніпровського лиману, яку оцінено за допомогою індексу забрудненості вод, розрахованого на основі усередненого і зведеного до гранично припустимої концентрації вмісту пріоритетних ЗР і розчиненого кисню, відповідала IV–V класам: забруднені або брудні речовини [3]. Коефіцієнт донної акумуляції — відношення концентрації токсичної речовини в донних відкладах до концентрації цієї речовини у воді — досягав 3,07 у східній частині лиману і більшою мірою визначався рівнем забруднення верхнього шару донних відкладів.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що для акваторії Дніпровського лиману пріоритетною ЗР є нафтопродукти, внесок яких у величину індексу забрудненості вод становив від 64 до 74% [3]. У 1996–2006 рр. в акваторію північно-західного шельфу Чорного моря з Дніпровського лиману щорічно в середньому надходило понад 20 тис. т нафтових вуглеводнів.

Для оцінки асиміляційної місткості екосистеми Дніпровського лиману акваторію було умовно розділено на три райони (рис. 1). Окремо розглядалися зони Кінбурнської протоки і передпроточної частини північно-західного шельфу Чорного моря.

Величину АМ екосистем виділених районів Дніпровського лиману розраховували за методикою, наведеною в статті [4], виходячи з припущення про просторову однорідність полів

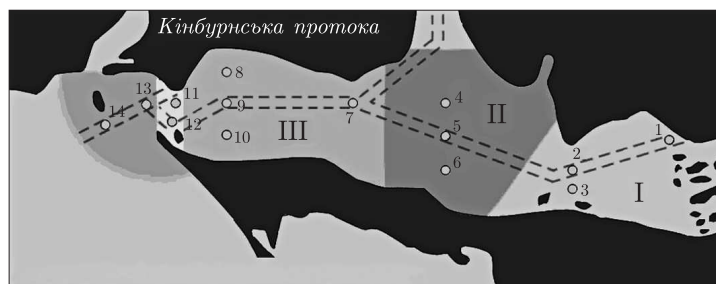


Рис. 1. Районування акваторії Дніпровського лиману для оцінки асиміляційної місткості його екосистеми. Умовні позначення: \circ — станція гідрохімічного моніторингу

поширення ЗР в їх межах. Однак, оскільки межі виділених районів жорстко не визначені (тобто проникні), то розраховану величину АМ слід розглядати лише як відносну — найбільш характерну для центральної частини вибраної акваторії.

Універсальна для будь-якого комплексу ЗР реалізація моделі оцінки асиміляційної місткості AM_{mi} екосистеми складається з трьох етапів. На першому — визначали рівень забрудненості вод з метою виявлення пріоритетної (i -ї) ЗР та розглядали можливість використання моделі, що обмежена умовою збереження екологічного благополуччя екосистеми. Другий етап — найскладніший — полягав у кількісній оцінці зміни вмісту i -ї ЗР для розрахунку часу перебування його в екосистемі. Для його реалізації потрібні або дані експериментів у мезокосмах, або результати екологічного моделювання. У роботі [5] запропоновано новий статистичний метод розв'язку задачі. На третьому — проводиться статистична оцінка АМ екосистеми відносно пріоритетної ЗР.

Оцінку середнього значення і середньоквадратичного відхилення АМ морської екосистеми (m) по відносно до i -ї ЗР наведено підсумовними формулами:

$$AE_{mi} = \bar{A}_{mi} \pm \sqrt{D[A_{mi}]},$$

$$\bar{A}_{mi} = \frac{Q_m \cdot C_{thri}}{C_{maxi}} \cdot \bar{v}_i,$$

$$D[A_{mi}] = \left(\frac{Q_m \cdot C_{thri}}{C_{maxi}} \right)^2 \cdot D[v_i],$$

де Q_m — об'єм води в розрахунковій області; C_{thri} — порогова концентрація ЗР; C_{maxi} — максимальна концентрація в екосистемі ЗР; v_i — швидкість видалення ЗР з екосистеми, середнє значення і дисперсія якої визначаються за оригінальним алгоритмом [5].

Незважаючи на виявлене в процесі моніторингу значне забруднення вод акваторії Дніпровського лиману нафтовими вуглеводнями (ВВ), середній вміст ВВ (0,28–0,36 мг/дм³ [6]) для періоду 1996–2006 рр. був значно нижчим за критичну концентрацію (10 мг/дм³), що відповідає умові використання вибраного методу оцінки асиміляційної місткості.

Для визначення швидкості видалення нафтопродуктів з акваторії Дніпровського лиману і прилеглої частини шельфу було обрано часовий ряд, що містить 272 значення концентрації. Швидкість вилучення нафтопродуктів варіювала в широкому діапазоні від 0,073 до 24,82 мг/(дм³·рік). Мінімальне значення зафіксоване в західній частині лиману, максимальне — в прилеглої до лиману частині шельфу. В середньому за період досліджень швидкість

вилучення нафтопродуктів для акваторії Дніпровського лиману (райони I–III) дорівнювала 2,38 мг/(дм³ · рік) (табл. 1). Для прилеглої частини північно-західного шельфу Чорного моря середнє значення швидкості вилучення нафтопродуктів становило 2,77 мг/(дм³ · год). Зміна швидкості елімінації нафтопродуктів у різних районах лиману визначалася в першу чергу інтенсивністю гідродинамічних процесів [7].

Завдяки розрахунковому часу перебування нафтопродуктів у водах Дніпровського лиману встановлено 8-разову промивку річковими водами акваторій I і II виділених районів (44–45 діб). Для порівняння слід відзначити, що до створення каскаду дніпровських водосховищ об'єм річкового стоку забезпечував 14-разову зміну вод як в лимані, так і на узмор'ї. Максимальний час перебування нафтопродуктів (71 доба) був характерним для вод західного району лиману (III). А оновлення вод у Кінбурнській протоці і передпроточній частині північно-західного шельфу Чорного моря відбувалося щомісячно (30–31 доба).

Максимальна здатність до самоочищення відносно нафтопродуктів характерна центральній частині акваторії лиману (II) (див. табл. 1). Середня величина асиміляційної місткості західного району при відповідному об'ємі екосистеми вдвічі менша за рахунок мінімальної швидкості видалення нафтопродуктів. Мінімальною здатністю до самоочищення відрізнялася екосистема Кінбурнської протоки, оскільки навіть при великій швидкості вилучення нафтопродуктів ця частина лиману займає якнайменший об'єм.

Проте про благополуччя екосистеми Дніпровського лиману можна було б судити лише в умовах рівномірного внесення нафтопродуктів в об'ємі, що не перевищував величину асиміляційної місткості. При неоднорідному надходженні ЗР небезпеку для екосистеми представляють джерела, які створюють навантаження, що перевищує питому величину АМ (розраховується на одиницю фіксованого об'єму) даного району лиману відносно нафтопродуктів.

Так, середню питому величину АМ на 1 дм³ для всієї екосистеми Дніпровського лиману відносно нафтопродуктів можна оцінити в 1,94 мг/рік, для прилеглої частини Чорного моря — в 2,74 мг/рік. З урахуванням того, що можливість вилучення нафтопродуктів для окремих районів Дніпровського лиману різна, для східного і центрального районів лиману (I й II), так само як і для Кінбурнської протоки, питома величина АМ становила від 2,17 до 2,31 мг/рік. Для західного району лиману (III), що замикається вузькістю протоки, діючої як відстійник, вона значно нижча — 1,18 мг/рік. Розраховані значення питомої величини АМ дозволяють нормувати скидання нафтопродуктів для кожного з виділених районів Дніпровського лиману.

В цілому АМ всієї акваторії Дніпровського лиману відносно нафтопродуктів за підсумками моніторингових спостережень періоду з 1996 по 2006 рр. можна оцінити в (8 ± 3) тис. т

Таблиця 1. Характеристика здатності окремих районів Дніпровського лиману до самоочищення відносно нафтопродуктів за період 1996–2006 рр.

Район досліджень	Середній вміст, мг/дм ³	Швидкість видалення, мг/(дм ³ · рік)	Асиміляційна місткість, тис. т/рік
I	0,29	2,31 ± 1,15	2,36 ± 1,13
II	0,36	3,32 ± 1,39	3,36 ± 1,50
III	0,32	1,80 ± 0,58	1,72 ± 0,60
Дніпровський лиман	0,32	2,38 ± 1,01	7,96 ± 2,93
Кінбурнська протока	0,28	3,10 ± 1,55	0,26 ± 0,13

у рік. Таким чином, межі варіації кількісної оцінки АМ достатньо великі (від 5 до 11 тис. т НП у рік). Тому для запобігання подальшої деградації і відновлення генофонду екосистеми лиману при використуванні розрахункової величини АМ для нормування планового надходження нафтопродуктів як “порогове” доцільно використовувати її мінімальне значення (5 тис. т у рік). Разом з тим при розгляді розрахункової величини АМ у зіставленні з балансовою оцінкою нафтопродуктів для акваторії Дніпровського лиману показовим є те, що надходження їх тільки з річковими водами Дніпра і Південного Бугу (через Бузький лиман) становить 7 тис. т у рік.

Таким чином, нами встановлено, що високий рівень нафтового забруднення екосистеми Дніпровського лиману диктує необхідність нормування потоків антропогенного забруднення як основи стратегії управління якістю морського середовища з урахуванням асиміляційної місткості екосистеми. За період 1996–2006 рр. вперше визначено швидкість вилучення нафтопродуктів в окремих районах Дніпровського лиману. Для I–III районів вона становила в середньому 2,38 мг/(дм³ · рік), для Кінбурнської протоки — 3,10 мг/(дм³ · рік), для прилеглої частини північно-західного шельфу Чорного моря — 2,77 мг/(дм³ · рік). Розрахунковий час перебування нафтопродуктів у водах Дніпровського лиману варіював від 44–45 днів у східній і центральній його частині (райони I–II), до 71 днів у західній (район III). Оновлення вод у Кінбурнській протоці та передпроточній частині північно-західного шельфу Чорного моря відбувалося щомісячно. Вперше за підсумками моніторингових спостережень 1996–2006 рр. оцінено АМ екосистеми Дніпровського лиману відносно нафтопродуктів, яка дорівнювала (8 ± 3) тис. т у рік. Як “порогове” значення для захисту і збереження генофонду екосистеми лиману доцільно орієнтуватися на мінімальне значення АМ — 5 тис. т нафтопродуктів у рік. У період досліджень розрахункова величина АМ була значно нижча за прибуткову статтю балансу нафтопродуктів, що негативно позначалося на екологічному стані рибогосподарського водоймища.

1. Шитиков В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
2. Израэль Ю. А., Цыбань А. В. Антропогенная экология океана. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с.
3. Мезенцева И. В. Комплексная характеристика качества вод Днепровского лимана в 1996–2006 гг. // Проблемы природопользования, устойчивого развития и техногенной безопасности регионов. V Междунар. науч.-практ. конф.; 06–09 окт. 2009 г.: Тез. докл. – Днепропетровск, 2009. – С. 68–69.
4. Совга Е. Е., Любарцева С. П., Мезенцева И. В. Оценка способности экосистемы акватории Одесского порта к самоочищению в отношении фенолов и нефтепродуктов // Экол. безопасность прибреж. и шельф. зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2010. – Вып. 22. – С. 303–309.
5. Совга Е. Е., Мезенцева И. В. Содержание нефтепродуктов в морской воде в акватории порта Одесса в 1997–2006 гг. // Там же. – 2008. – Вып. 17. – С. 290–297.
6. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. Т. 1: Черное море / Ред. А. И. Рябинин, Н. П. Клименко, С. А. Шибалева. – Севастополь: Архив МО УкрНИГМИ, 1997. – 2007.
7. Совга Е. Е., Мезенцева И. В. К вопросу об ассимиляционной емкости экосистем импактных районов украинского шельфа // Экол. безопасность прибреж. и шельф. зон и комплекс. использование ресурсов шельфа. – 2009. – Вып. 20. – С. 155–161.

Морський гідрофізичний інститут
НАН України, Севастополь
Морське відділення Українського
науково-дослідного гідрометеорологічного
інституту, Севастополь

Надійшло до редакції 28.02.2011

O. E. Sovga, I. V. Mezentseva, S. P. Liubartseva

Estimation of the assimilation capacity of the Dnieper estuary ecosystem against oil pollution as a regulatory method for its discharge into the estuary water

On the basis of in-situ measurements the assimilation capacity of the Dnieper estuary against oil pollution is calculated, which allows normalizing the oil discharge to increase the self-purification ability of the Dnieper estuary. To evaluate the rate of pollution elimination from the ecosystem, a specialized statistical algorithm is applied. The assimilation capacity of the Dnieper estuary is estimated to be 8000 ± 3000 tons per year.