

УДК 504.064.36:574(262.5)

**С. В. МЕДІНЕЦЬ, д-р прир. наук, В. І. МЕДІНЕЦЬ, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.**

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова*

пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

е-mail: [s.medinets@gmail.com](mailto:s.medinets@gmail.com)

**Л. І. МОКЛЯЧУК, д-р сіл.-госп. наук, проф.**

*Інститут агроекології і природокористування НААН України*

вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна

**К. Б. УТКІНА, канд. геогр. наук, доц.**

*Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна*

майдан Свободи 6, м. Харків, 61022, Україна

**К. ГОВАРД, д-р філософії, М. А. САТТОН, д-р філософії, проф.**

*Центр екології і гідрології - Единбург*

Буш Естейт, Пенікук, Мідлотіан, EH26 0QB, Велика Британія

## СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ АЗОТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У БАСЕЙНІ ДНІСТРА

**Мета.** Провести аналіз проблем і обґрунтування створення системи оцінки азотного навантаження на водні екосистеми басейну Дністра як складової частини майбутньої міжнародної системи «управління азотом» (INMS), що має бути розроблена в рамках міжнародного проекту «Цільові дослідження для підвищення розуміння глобального циклу азоту в напрямку створення системи управління азотом» (Towards INMS). **Результати.** Проаналізовані пробіли в знаннях, пов'язаних з дифузними джерелами забруднення, і виявлені значні недоліки моніторингу точкових джерел забруднення, які розташовані в басейні р. Дністер. Охарактеризовані основні джерела та стоки азотних сполук, проілюстровано взаємозв'язок азотного навантаження і його вплив на складові єдиної басейнової системи. **Висновки.** Отримання нових знань про азотне навантаження на екосистему дельтової частини р. Дністер та його вплив на прибережні райони Чорного моря дасть змогу створити наукову основу розробки загальних схем біогеохімічного циклу і балансу азоту в регіоні та дозволить розробити та впровадити в Україні рекомендації щодо створення національної системи оцінки і раціонального «управління азотом», яка спрямована на пом'якшення наслідків азотного забруднення на екосистеми та людину згідно водної рамкової директиви (ВРД) та нітратної директиви (НД).

**Ключові слова:** азотне навантаження, Дністер, дифузні джерела, біогенне забруднення, емісії, INMS, Чорне море, евтрофікація, біогеохімічний цикл азоту

**Medinets S.V., Medinets V. I.**

*Odessa National I. I. Mechnikov University*

**Moklyachuk L. I.**

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

**Utkina K. B.**

*Kharkiv National V. N. Karazin University*

**Howard C., Sutton M. A.**

*Centre for Ecology and Hydrology - Edinburgh*

## DEVELOPMENT OF NITROGEN LOAD ASSESSMENT SYSTEM IN THE DNIESTER RIVER CATCHMENT

**Purpose.** Exploring the issues and underpinning the development of an assessment system for Nitrogen load on aquatic ecosystems in the Dniester river basin, as a part of a future international Nitrogen management system (INMS), which should be established in the framework of the UNEP-GEF project 'Targeted Research for improving understanding of the Global Nitrogen Cycle towards the establishment of an International Nitrogen Management System (Towards INMS)'. **Results.** Knowledge gaps related to diffusive pollution sources have been identified, as well as significant shortcomings of point pollution sources monitoring have been found in the Dniester river basin area. The main sources and sinks of Nitrogen have been characterized, the relationship of Nitrogen load and its impact on the constituents of entire basin system has been shown. **Conclusions.** New knowledge for Nitrogen load on Dniester river delta ecosystem and its impact on coastal areas of the Black Sea will enable to establish (set up) a scientific background for development of overall (general) skeleton (layout) for biogeochemical Nitrogen cycle and balance in the region and allow to produce and implement recommendations for the development of Nitrogen assessment and efficient management system in Ukraine, aimed at mitigation of Nitrogen load on ecosystem functioning and human health according to the EU Water Framework (WFD) and Nitrate Directives (ND).

**Keywords:** N load, Dniester River, diffusive source, nutrient pollution, emission, INMS, Black Sea, eutrophication, biogeochemical N cycle

Мединец С. В., Мединец В. И.

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова

Моклячук Л. И.

Институт агроэкологии и природопользования НААН Украины

Уткина Е. Б.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Говард К., Саттон М.А.

Центр экологии и гидрологии - Эдинбург

### СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ АЗОТНОЙ НАГРУЗКИ В БАСЕЙНЕ ДНЕСТРА

**Цель.** Провести анализ проблем и обосновать создание системы оценки азотной нагрузки на водные экосистемы бассейна Днестра как составной части будущей международной системы «управления азотом» (INMS), которая должна быть разработана в рамках международного проекта «Целевые исследования для улучшения понимания глобального цикла азота в направлении создания системы управления азотом» (Towards INMS). **Результаты.** Проанализированы пробелы в знаниях, связанные с диффузными источниками загрязнения и выявлены серьезные недостатки в мониторинге точечных источников загрязнения, которые расположены в бассейне р. Днестр. Охарактеризованы основные источники и стоки азотных соединений, продемонстрирована взаимосвязь азотного загрязнения и его влияния на составляющие единой бассейновой системы. **Выводы.** Приобретение новых знаний по азотной нагрузке на экосистему дельтовой части р. Днестр и ее влиянию на прибрежные районы Черного моря позволит создать научную основу для разработки общих схем биогеохимических циклов и балансов азота в регионе, а также разработать и внедрить в Украине рекомендации по созданию национальной системы оценки и рационального «управления азотом», которая будет направлена на ослабление последствий азотного загрязнения на экосистемы и человека в соответствии с принципами водной рамочной директивы (ВРД) и нитратной директивы (НД).

**Ключевые слова:** азотная нагрузка, Днестр, диффузные источники, биогенное загрязнение, эмиссии, INMS, Черное море, эвтрофикация, биогеохимический цикл азота

### Вступ

Останні дослідження провідних науковців Європи [1] показали, що сполуки азоту є ключовими поживними елементами для всіх живих організмів, водночас в надмірній кількості вони можуть бути причиною багатьох проблем, пов'язаних з впливом на якість води, повітря, ґрунту, біорізноманіття, здоров'я людини та баланс парникових газів. За висновками першої Європейської оцінки по азоту (ENA) було удосконалено законодавство ЄС та створено низьку експертних груп в рамках міжнародних конвенцій щодо подальшого вивчення азотної проблеми [1]. Відомо, що у відповідності з Угодою про асоціацію з ЄС Україна зобов'язалась впровадити низьку директив ЄС, насамперед Нітратну директиву (НД) та Водну рамкову директиву (ВРД), які сфокусовані на підвищенні якості життя людини та стану природних, насамперед водних, об'єктів та регламентують забруднення водних об'єктів, в тому числі сполуками азоту [2, 3]. У 2017 році світова наукова спільнота за підтримки ЮНЕП та Світового банку запланувала початок науково-політичного проекту Towards INMS: *Targeted Research for improving understanding of the Global Nitrogen Cycle towards the*

*establishment of an International Nitrogen Management System* («Цільові дослідження для підвищення розуміння глобального циклу азоту в напрямку створення системи управління азотом») [4], одним з найважливіших результатів якого буде підрахунок супутніх економічних і екологічних вигод від сумісного підходу «управління азотом» для різних галузей господарства, поліпшення життя людей та стану довкілля окремих регіонів, країн та планети в цілому, який буде базуватись на оптимізації управління біогеохімічним циклом азоту, що дасть змогу підвищити ефективність використання цього біогенного елемента в масштабах глобальної економіки, при цьому зменшуючи його надлишок, який в більшості випадків втрачається даремно і є додатковим джерелом забруднення навколишнього середовища. В рамках проекту Towards INMS [4] східноєвро-пейський деморегіон (СЄД) представлений здебільшого басейном Дністра, який є основним джерелом питної та поливної води для південно-західних регіонів України та значної частини Молдови із загальним населенням біля 5 млн. людей. Важливим аспектом буде врахування транскордонного характеру системи управління

азотним навантаженням в ССД з урахуванням діючих директив ЄС [2, 3]. Основним чинником екологічних проблем басейну Дністра, його наземних і водних екосистем, є надмірне азотне забруднення антропогенного походження як результат сільськогосподарської, промислової та іншої антропогенної діяльності [5-8], що призводить до значного почастішання евтрофікаційних явищ в його дельтовій частині та Дністровському лимані [7, 8], внаслідок яких підвищується річковий стік сполук азоту (органічного і мінерального) в Чорне море [7].

Треба зауважити, що до цього часу стан і наслідки азотного навантаження в басейні Дністра в цілому цілеспрямовано не вивчались, хоча окремі дослідження в рамках національних і міжнародних проектів проводились і проводяться [1, 4-18].

Для вирішення вище перелічених проблем необхідно: і) виділити пріоритетні на-

прямки, за якими відсутня інформація в басейні Дністра, і провести пілотні дослідження щодо визначення їх релевантності для регіону, ii) розробити програму довгострокових досліджень з урахуванням виявлених актуальних, в тому числі і еколого-економічних, проблем, iii) створити гармонізовану систему комплексного моніторингу азотного навантаження в наземних і водних екосистемах басейну за методологією ВРД та НД, що має включати в себе, насамперед, об'єднання в єдину систему існуючих мереж спостережень з обов'язковим залученням науково-дослідних інституцій.

Метою роботи є обґрунтування створення системи оцінки азотного навантаження на водні екосистеми Дністра як складової частини майбутньої міжнародної системи «управління азотом» (INMS) з урахуванням існуючих екологічних проблем в басейні Дністра.

### *Результати та обговорення*

**Поточний стан проблем, пов'язаних з азотом, в регіоні.** Основними проблемами басейну р. Дністер з одного боку є нестача хімічно активного азоту в аграрному секторі, яка спостерігається в останні десятиріччя порівняно з 80-ми рр. минулого століття [1], з другого – підвищення забрудненості сполуками азоту річкових вод, яке спостерігається в останні роки [1], що в свою чергу веде до зростання річкового стоку азоту з водами Дністра в Чорне море. Відсутність ефективної системи управління азотним навантаженням обумовлена як політичними, так і економічними проблемами країн регіону, що пов'язані як з недоліками законодавчої бази, так і з недосконалими технологіями землекористування та нераціональним менеджментом водних ресурсів. До цього часу відсутні національна і єдина транскордонна гармонізовані системи і програми моніторингу водних ресурсів басейну Дністра як в Україні, так і Молдові. Однак слід зазначити, що конструктивні пропозиції від обох країн та зауваження, які стосуються організаційних та методологічних аспектів, вже неодноразово формувались європейськими експертами під час виконання низки проектів ТАСІС, ОБСЕ і GEF по Дністру (2001-2015) [9, 10, 11], але комплексної системи басейнового моніторингу, яка би відповідала сучасним вимогам ВРД,

ні в Молдові, ні в Україні поки що не створено. Лише зараз, в зв'язку з тим, що Україна і Молдова в рамках Угод про асоціацію з ЄС взяли на себе зобов'язання імплементувати до 2020 р. низьку директив ЄС [19], є реальна можливість створення відповідної системи моніторингу в басейні Дністра з формуванням мережі спостережень у відповідності з нормативною методологією ЄС. Досвід розвинених країн світу і ЄС свідчить, що результати більшості досліджень наукових проектів, пов'язаних з проблемами навколишнього середовища, використовуються в процесі впровадження нових директив.

**Стан вивчення біогеохімічного циклу азоту (БГХЦА) та існуючі пробіли.** В останні роки науковці ОНУ ім. І. І. Мечникова брали і беруть активну участь в науково-дослідних міжнародних проектах і ініціативах, таких як проекти технічної допомоги «Нижній Дністер» [9], FP6 NitroEurope [1], FP7 ECLAIRE [17], в яких частково вже накопичені знання і експериментальні дані, які дають змогу скласти БГХЦА та розробити рекомендації щодо ефективного «управління азотом», поліпшити екологічний стан природних об'єктів та удосконалити національне «екологічне» законодавство.

Для розуміння процесів БГХЦА найбільш ефективним є екосистемний підхід

аналізу взаємозв'язків між складовими екосистемами [1], який має бути враховано також при складанні схем бюджету і балансу азоту в річковому басейні з урахуванням процесів утилізації і трансформації, стоків/витрат і джерел надходження між суходолом, атмосферою, рікою і морем (у разі включення дельтової частини басейну). На рис. зображено спрощену схему взаємозв'язку потоків азоту і його трансформа-

ції всередині і між складовими екосистемами в дельтовій частині р. Дністер. Розглядаються дифузні джерела надходження/витрат азоту, такі як поверхневий злив, ґрунтові води, емісії, сміття, атмосферні відкладення, донні відкладення, і точкові джерела, такі як промислові і побутові стічні води, їх взаємодія і вплив на певні складові басейнової екосистеми.

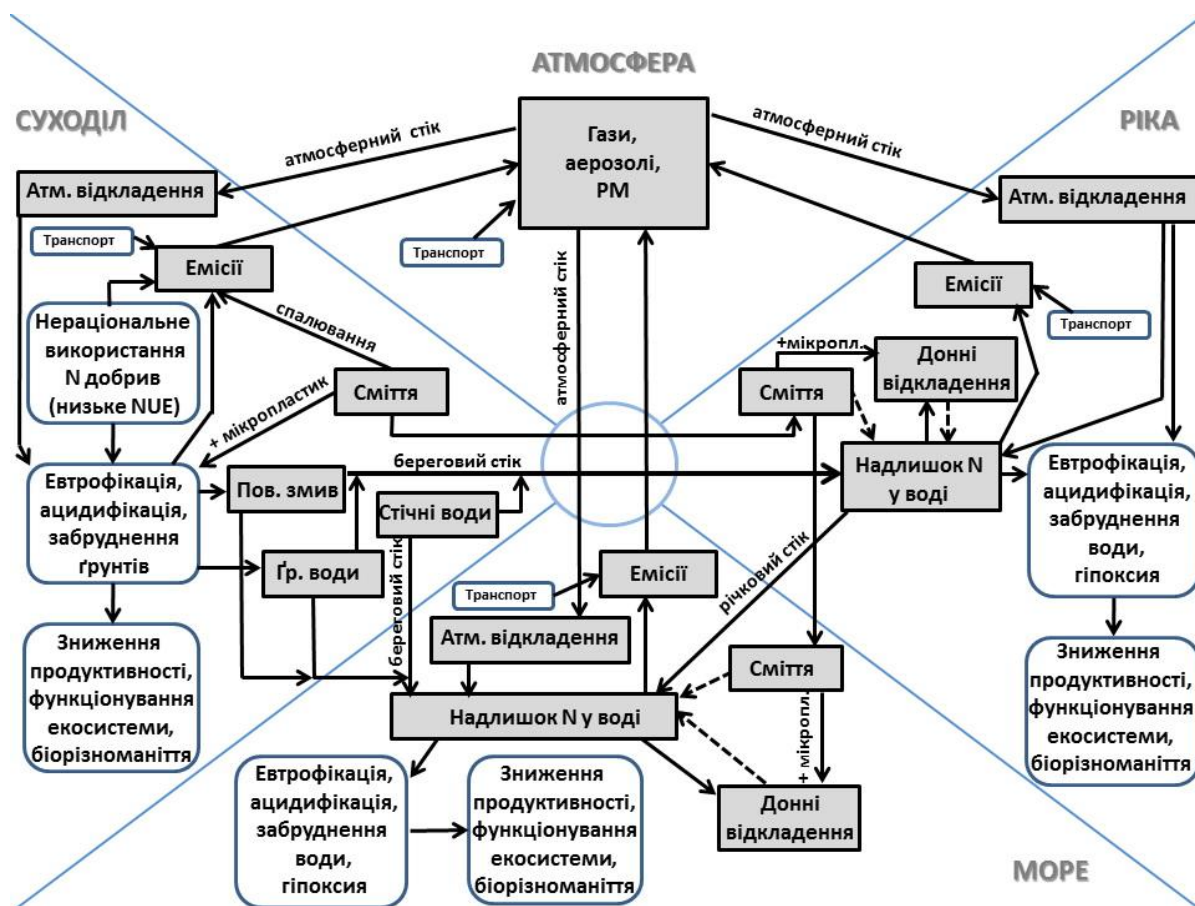


Рис. – Спрощена схема взаємозв'язків між різними складовими екосистемами в дельтовій частині р. Дністер

Найпоширеніші методологічні і технічні труднощі виникають при дослідженнях і оцінках потоків азоту від дифузійних джерел, спостереження за якими практично не проводяться, тобто кількісні показники поверхневого зливу, забруднення і переносу ґрунтовими водами, емісій і атмосферних відкладень, ре-мінералізації в донних відкладеннях є «білими плями» як для басейну р. Дністер, так і для більшості річок Східної Європи. Саме тому в 2017-2019 рр. в рамках наукового проекту «Визначити джерела і роль азотного навантаження в

евтрофікації водних екосистем Нижнього Дністра і Чорного моря» (№ДР 0117U001104), який виконується науковою групою ОНУ ім. І. І. Мечникова за фінансування з бюджету Міністерства освіти і науки (МОН) України, заплановано провести дослідження в дельтовому районі Дністра, за результатами якого передбачено розроблення деталізованої схеми біогеохімічного циклу та балансу азоту Дністровського лиману і визначення пріоритетності їх окремих складових, отримання даних щодо водорозчинних та водонерозчинних фракцій

органічного азоту, динаміки сезонних та просторових коливань гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних показників - індикаторів евтрофікації, атмосферних відкладень азоту (органічної та неорганічної складових), акумуляції сполук азоту у донних відкладеннях, оцінка річкового потоку сполук азоту в Чорне море та інші.

**Антропогенні дифузні джерела азоту.** Основними джерелами азотного забруднення антропогенного походження в річкових басейнах вважаються транспорт, сільське господарство, промисловість і побутові відходи [1]. Транспорт (рис.) є єдиним джерелом, що має здебільшого опосередкований вплив на басейн ріки, тобто газові викиди азотних сполук окрім того, що призводять до змін балансу парникових газів в атмосфері і її окислювальної здатності [1, 5, 6, 20], також збільшують темпи інтенсивності утворення і відкладення аерозолів і газових сполук (в тому числі органічних) на поверхню всього водозбору [1, 20], які потім надходять до ґрунтових та річкових вод [1, 21]. Інші джерела мають змішаний тип впливу, тобто опосередкований через емісії до атмосфери, та прямий, внаслідок безпосереднього потрапляння до ґрунтових вод або водойм (рис.).

Завдяки інтенсивному використанню азотних добрив останніми десятиліттями сільськогосподарські системи вийшли на перше місце в якості основного джерела емісій важливого парникового газу - закису азоту ( $N_2O$ ), яка оцінюється біля 1% від внесеного з добривами азоту [5, 22], а також є важливим джерелом емісій інших газів, таких як  $NO_x$  ( $NO+NO_2$ ) - біля 0,7% від внесеного азоту [6, 23], та амонію ( $NH_3$ ) за рахунок втрат внаслідок його летючості (залежно від типу добрив, ґрунту та способів внесення втрати можуть сягати 40% внесеного азоту) [24, 25] в регіональному аспекті. Також треба враховувати забруднення ґрунтових вод нітратами внаслідок вилугування і вимивання добрив з сільськогосподарських земель в басейні.

Додатковим прямим джерелом локального забруднення водойм є поверхневий злив, який важко дослідити з методологічної точки зору, оцінити і ретельно змодельовувати, але можливо мінімізувати за рахунок належної організації буферних зон згідно рекомендацій ВРД [3], враховуючі осо-

бливості рельєфу берегової смуги та ґрунтових, геологічних і гідрологічних характеристик басейну [1]. Показано, що найвищі потоки загального азоту ( $> 2000$  кг N км<sup>-2</sup> рік<sup>-1</sup>) завжди пов'язані з розташуванням в їх басейнах великих площ сільськогосподарських угідь і залежать від сільськогосподарської практики, кліматичних і гідрологічних умов [1].

В басейні Дністра сільськогосподарські землі переважають і становлять близько 78% та 67% від молдовської та української частин басейну відповідно. Вони характеризуються низьким ( $45-46$  кг N га<sup>-1</sup> рік<sup>-1</sup> в Україні) або помірним ( $60-100$  кг N га<sup>-1</sup> рік<sup>-1</sup> у Молдові) внесенням азотних добрив за даними державних статистик 2015 р. [26, 27]. Незважаючи на те, що аграрні системи в басейні Дністра в середньому характеризуються малими кількостями азотних добрив (навіть зазнають дефіциту) порівняно з іншими світовими регіонами, ефективність їх використання є низькою внаслідок застосування застарілих аграрних технологій, що призводить до відносно значних втрат азоту і відповідного забруднення атмосфери (газові емісії) [1, 5, 6, 24] і водних об'єктів (через ґрунтові води і поверхневий злив) [7]. Наступним джерелом азоту є тваринницькі комплекси з пасовищними угіддями, які, як правило, представлені невеликими фермерськими хазяйствами з повністю відсутньою системою належного контролю і екологічно безпечного менеджменту (утримання тварин; збирання і обробки гною; зберігання і транспортування органічних добрив) щодо викидів в атмосферу (переважно  $NH_3$ ) і біогенного забруднення ґрунтових та поверхневих вод [1, 24, 25].

**Точкові антропогенні джерела азоту.** На відміну від дифузних джерел, які розташовані в басейні, надходження промислових і побутових стічних вод відносяться до точкових джерел забруднення (рис.). В розвинених країнах світу і ЄС рутинний моніторинг таких об'єктів не викликає методологічних труднощів, має досконало розроблену і чітку структуру. В кожному регіоні існує реєстр очисних об'єктів з суворо регламентованим порядком зливання очищених стічних вод до водойм з регулярним проведенням нормоконтролю якості очищення згідно настановних документів ЄС (ВРД, НД та ін.). Практична закритість

існуючої інформації про якість стічних вод в басейні р. Дністер та відсутність цільової системи моніторингу щодо азотного навантаження та його наслідків в Україні і Молдові є однією з найактуальніших екологічних проблем регіону. Висновки проектів [9-11], що проводились в басейні р. Дністер останніми роками, відзначали недосконалість систем очищення стічних вод, але спеціальні дослідження щодо кількісного визначення ефективності існуючих водоочисних споруд нам не відомі. Проте в 2015 р. в рамках проекту ЄС EPIRB: *Environmental Protection of International River Basins* («Захист навколишнього природного середовища міжнародних річкових басейнів») [28] було показано, що основними джерелами забруднення води транскордонної р. Прут (до річчя, яка має суміжний водозбір з р. Дністер) є зокрема не задовільно (частково) очищені і неочищені стічні води як з території України, так і Молдови. Зазначено, що більшість очисних споруд в обох країнах були побудовані 50-60 років тому, і досі головним чином виконують роль знешкодження біологічного зараження, але не здатні видаляти більшість сучасних хімічних забруднювачів і біогенних сполук [28]. Більшість промислових підприємств у регіоні є так звані «вторинні» користувачами водних ресурсів, це означає, що їх стічні води транспортуються для очистки до муніципальних об'єктів, які не здатні провести очистку належним чином з причин, наведених вище. Системи каналізації в селищах міського типу та сільській місцевості є незадовільними або відсутніми [28]. Без сумніву, всі перелічені проблеми є транскордонними, тобто характерними для всього басейну Дністру, та потребують негайного перегляду в обох країнах існуючих державних норм контролю стічних вод та модернізації очисних об'єктів як першочергових заходів для зменшення навантаження біогенного і стійкого органічного забруднення, охорони здоров'я населення, збереження річкових екосистем, схильних до евтрофікації і гіпоксії. Окремою актуальною проблемою регіону є звалища твердих відходів (рис.). На жаль, детальні дані з цього приводу для басейну р. Дністер відсутні, але нещодавні дослідження, проведені в басейні Прута, підтвердили прогнози (побоювання) екологів [28]. Так в

Молдові на території басейну Прута розташовано 742 полігони муніципальних сміттєзвалищ, що займають разом 529 га, і 7 великих об'єктів-могильників для зберігання застарілих пестицидів і хімічних добрив, стан яких далекий від задовільного [28]. В Україні ситуація суттєво не відрізняється, наприклад із 30 тис. муніципальних сміттєзвалищ в Україні паспортизовані лише біля 6 тис., дані по областях частково присутні на інтерактивній карті Міністерства екології та природних ресурсів (МЕПР) [29]. Крім того, в регіоні багато несанкціонованих звалищ і смітників промислових і побутових відходів, а також величезна кількість відходів гірничодобувної промисловості, особливо в північній частині басейну рр. Прут і Дністер на території обох країн. Нещодавно МЕПР України розпочато ініціативу з залученням громадськості по виявленню і ліквідуванню стихійних сміттєзвалищ за допомогою мобільного додатку [30]. Відсутність задовільно обладнаних сміттєзвалищ та сортування сміття призводить до значного вимивання токсичних і біогенних сполук в ґрунтові води, змиву за рахунок поверхневого стоку, а також виносу сміття до водойм.

**Атмосферний стік.** Одним з важливих джерел азотного забруднення є атмосферний стік (рис.), який формується в результаті дальнього транскордонного переносу з західної Європи і локального забруднення внаслідок регіональних емісій  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  і  $\text{HONO}$  від джерел, розташованих в басейні Дністра [1, 5, 6, 24]. Експериментальні дані про атмосферні відкладення сполук азоту на території України і Молдови практично відсутні, тому цим джерелом відверто нехтують при проведенні оцінок і складанні балансів азоту, або використовують дані глобальних моделей, що зазвичай не відображують реальні показники навантаження на конкретний регіон. Наскільки відомо авторам, довгострокові дослідження інтенсивності атмосферного стоку біогенних сполук проводились лише ОНУ для двох регіонів: басейну Нижнього Дністра та району о. Зміїний [8, 15, 31, 32]. За нашими оцінками в середньому на 1 га площі басейну Нижнього Дністра відкладається близько 9,6 кг N щорічно [8, 15], тобто атмосферний стік на площу всього басейну р. Дністер складав біля 69,4 тис. тонн N на рік.

При цьому близько 70% кількості загального азоту відкладається в органічній формі. Аналіз вивчення атмосферних відкладень мінерального азоту в районі Нижнього Дністра виявив, що в середньому  $\text{NO}_3^-$  виводиться з атмосфери інтенсивніше в 1,3-1,6 разів, ніж  $\text{NH}_4^+$  [8]. Серед трьох досліджуваних суб-ділянок найбільшим виведенням загального азоту характеризувався район орних земель ( $11,4 \text{ кг N га}^{-1} \text{ рік}^{-1}$ ), а найменшим – природна територія ( $7,7 \text{ кг N га}^{-1} \text{ рік}^{-1}$ ) [8]. Для оцінки складової атмосферного стоку сполук азоту в басейні Дністра необхідно було створити спеціальну мережу станцій моніторингу для відбору атмосферних відкладень, твердих часток (РМ), виміру концентрацій і потоків основних газових забруднювачів у відповідності до програми ЕМЕР Конвенції про трансграничне забруднення повітря на великі відстані (CLRTAP) [33].

**Потоки азоту у річковій системі і стік до Чорного моря.** Азот, що потрапляє до річкової системи та в Дністровський лиман у біодоступній формі (мінеральній або органічній) незалежно від джерела що утилізується в процесі розвитку фітопланктону і водної рослинності, які після відмирання далі депонуються в донних відкладеннях, а потім наслідок мікробіологічної деструкції органічної речовини знову потрапляють до водної екосистеми і виносяться в море. При цьому частина газових сполук азоту потрапляє і до атмосфери. У випадку надмірного надходження азотних (і фосфорних) сполук всі процеси значно інтенсифікуються, що призводить до евтрофікаційних явищ («цвітіння» води, гіпоксії, замору риби, придонної аноксії, замулення), надлишок незатребуваного азоту (і фосфору) залишається у водній фазі, абсорбується на суспензійних частках і/або депонується в донних відкладеннях (рис.). Нами запропоновано використання дельтової частини Дністра, в якій розташований Нижньодністровський національний природний парк з великою площею водно-болотних угідь, озер, річок і лиману, в якості пілотного полігону, на якому можна не тільки вивчати актуальні природні процеси, але і кількісно оцінити як ефективність утилізації/поглинання біогенних сполук водною і повітряно-водною рослинністю, так і рівні атмосферного стоку і емісії газоподібних сполук до атмосфе-

ри. При цьому обов'язковим завданням, яке треба буде виконати, є дослідження процесів депонування азотних біогенних сполук спільно з органічною речовиною в донних відкладеннях та вторинного забруднення водних екосистем внаслідок мікробіологічної деструкції органічної речовини та вивільнення сполук азоту в водне середовище та атмосферу, як важливих складових БХЦА водної екосистеми. Нещодавні дослідження [1] продемонстрували, що близько 50-90% азотного навантаження на річку може утилізуватися або накопичуватися в водній системі, зменшуючись при посиленні навантаження, і лише 10-50% потім досягає моря, збільшуючись при посиленні навантаження. Нещодавні оцінки [7] для Дністра показали, що річковий стік до Чорного моря становить біля 30 тис. тонн  $\text{N рік}^{-1}$ . Якщо теоретично припустити, що це значення складає лише тільки 10-50% від загального внеску азоту до системи, то тоді в річку щорічно потрапляє близько 60-300 тис. тонн азоту. Для більш коректної оцінки необхідно проведення додаткових експедиційних досліджень. Відомо [1], що водно-болотні угіддя, більшість яких розташовано в дельтовій частині, відіграють велику роль у самоочищенні і самовідновленні водних систем. Саме тому планується оцінити поточний стан біогенного забруднення плавневих зон дельтової частини і їх потенційну здатність накопичувати і зв'язувати біогенні (зокрема азотні) сполуки, запобігаючи евтрофікації річки і забрудненню прибережних районів Чорного моря; розробити рекомендації щодо раціонального менеджменту для підвищення продуктивності водно-болотних угідь і цільового використання «продукту» очищення ріки (тобто очерету) для потреб населення в регіоні. Необхідним кроком щодо розробки балансових схем азоту в регіоні є зокрема розуміння процесів газообміну в плавневих зонах з урахуванням втрат від природних пожеж і антропогенних випалів, які спостерігаються регулярно в сухі періоди року і охоплюють значні площі. Інвентаризація частоти і площі територій пожеж проводиться постфактум за допомогою супутникових знімків [16, 34], середня густина і видовий склад рослинності мають бути розраховані на основі експедиційних даних пілотного моніторингу. Для визначення кількісного і якіс-

ного складу емісії від спалювання рослинності (піроденітрифікації) необхідно провести додаткові експериментальні дослідження з виміру середньої температури горіння очерету, від якої безпосередньо залежить

### Висновки

Отримання нових знань про азотне навантаження на екосистему дельтової частини р. Дністер та його впливу на прибережні райони Чорного моря дасть змогу створити наукову основу щодо розробки загальних схем біогеохімічного циклу і балансу азоту в басейні в цілому і дозволить розробити та впровадити в Україні і в Молдові рекомендації щодо пом'якшення наслідків азотного навантаження на екосистеми та людину згідно принципів ВРД та НД.

Основними напрямками дій стосовно оцінки азотного навантаження від наземних джерел є розробка і впровадження пілотного моніторингу в басейні р. Дністер для ідентифікації поточного стану забруднення і базової оцінки екологічного статусу окремих суб-басейнів річки (згідно ВРД), розробка довгострокової програми спостережень і створення системи станцій моніторингу для дифузних джерел забруднення, інвентаризації пожеж і випалів, істотне

ступінь окислення органічної речовини до  $N_2$  і/ або  $NO_x$ ,  $N_2O$ ,  $NH_3$  [1]. Це дозволить оцінити економічні та «екологічні» втрати від випалу очерету, як навмисного так і ненавмисного, внаслідок природних пожеж.

удосконалення існуючої системи очистки стічних вод з використанням сучасніших методологій і підходів, які добре себе зарекомендували в розвинених країнах світу, удосконалення системи контролю, впровадження сучасних технологій сортування, зберігання і утилізації твердих відходів і сміття, а також розробка системи раціонального менеджменту плавневих зон/ водноболотних угідь для отримання подвійної вигоди: екологічної – підвищення здатності системи до виведення надлишку біогенних сполук (зайвого азоту) і економічної - використання очерету для забезпечення потреб населення.

Представлене дослідження виконано в рамках держбюджетної теми «Визначити джерела і роль азотного навантаження в евтрофікації водних екосистем Нижнього Дністра і Чорного моря», яка з 2017 року фінансується Міністерством освіти і науки України.

### Література

1. The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives / Eds. M.A. Sutton, C.M. Howard, J.W. Erisman et al. – Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 664 p.
2. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). – European Commission, 1991. – 8 p. - URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676&qid=1487779135312&from=en>.
3. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. – Київ, 2006. – 240 с.
4. UNEP-GEF Project International Nitrogen Management System (INMS) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.inms.international/>.
5. Медінець С.В. Результаты атмосферно-химических исследований парниковых газов  $N_2O$  и  $CH_4$ . // Вісник одеського національного університету. Сер.: Географічні та геологічні науки. - 2014. – Т. 19, № 3 (22). – С. 79-87.
6. Medinets S. The impact of management and climate on soil nitric oxide fluxes from arable land in the Southern Ukraine / S. Medinets, R. Gasche, U. Skiba et al. // Atmospheric Environment. - 2016. - № 137. – P. 113-126.
7. Медінець С.В. Оцінка та складові річкового стоку сполук азоту та фосфору до Дністровського

- лиману / С.В. Медінець, В.М. Морозов, В.М. Бойко, С.С. Котогура, А.П. Мілева, І.Л. Грузова // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Сер. Біол., Спец. вип.: Гідроекологія. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 439-443.
8. Medinets S. Rate of atmospheric bulk N deposition in natural and agricultural areas in the Southern Ukraine / S. Medinets, S. Kotogura, I. Gruzova et al. // Proceedings of the ÉCLAIRE 4<sup>th</sup> Project Meeting and Open Science Conference “Integrating impacts of air pollution and climate change on ecosystems” (September 29<sup>th</sup> – October 3<sup>rd</sup> 2014, Budapest, Hungary). – Budapest: СЕН, 2014. – S1\_12.
9. TACIS. Technical assistance for the Lower Dniester river basin management planning. EuropeAid/120944/C/SV/UA. Project Completion report. – Odessa: TACIS, 2007, - 73 p.
10. Дністр без границ. Результати проекту «Трансграничное сотрудничество и устойчивое управление в бассейне реки Дністр: фаза III – Реализация программы действий» («ДНІСТР-III»). - Кишинев: Ваитэ, 2013. - 172 с.
11. Бюйс П. Трансграничний моніторинг річки Дністр. Аналіз і оцінка («Дністр – III») / П. Бюйс. – Кишинев: Ваитэ, 2010. – 78 с.
12. Дослідження стану та процесів самовідновлення екосистем дельтової частини Дністра та Дністровського лиману: звіт НДР 341 (заключний) /



ОНУ ім. І.І. Мечникова; Керівник Медінець В.І. - №ДР 0103U003803; Інв.№ 0206U005393. – Одеса, 2005. - 120 с.: ил. – Відпов.виконав. Н.В. Ковальова.

13. Дослідити вплив біогенного забруднення на якість водного середовища дельтової частини Дністра: звіт НДР 389 (заключний) / ОНУ ім. І.І. Мечникова; Керівник Медінець В.І. - №ДР 0106U001693; Інв.№ 0209U002709. – Одеса, 2008. - 231 с.: ил. – Відпов.виконав. Н.В. Ковальова.

14. Комплексні дослідження та визначення умов виникнення евтрофікаційних явищ в дельтовій частині Дністра: звіт НДР 425 (заключний) / ОНУ ім. І.І. Мечникова; Керівник Медінець В.І. - №ДР 0109U000910; Інв.№ 0211U002581. – Одеса, 2010. - 321 с.: ил. – Відпов.виконав. Н.В. Ковальова.

15. Вивчити склад та внесок атмосферних потоків в баланс біогенних сполук в річковому басейні на прикладі нижнього Дністра: звіт за НДР 480 (заключний) / ОНУ ім. І.І. Мечникова; Керівник Медінець В.І. - №ДР 0111U001384; Інв.№ 0713U003584. – Одеса, 2012. - 553 с.: ил. – Відпов.виконав. Н.В. Ковальова.

16. Оцінити вплив агропромислової діяльності та пожеж на екосистеми Нижнього Дністра та емісію парникових газів в атмосферу: звіт НДР 505 (заключний) / ОНУ ім. І.І. Мечникова; Керівник Медінець В.І. - №ДР0113U003074; Інв.№0715U003287. Одеса, 2014. 960 с.: ил. – Відпов.виконав. Н.В. Ковальова.

17. Effects of Climate Change on Air Pollution Impacts and Response Strategies for European Ecosystems / M. A. Sutton, C. M. Howard, E. Nemitz et al. // European Commission. 2015. 212 p. URL: <http://cordis.europa.eu/docs/results/282/282910/fin-all-eclair final report one file.pdf>.

18. Enabling Transboundary Cooperation and Integrated Water Resources Management in the Dniester River Basin [Electronic resource]. – Режим доступу: <https://www.thegef.org/project/enabling-transboundary-cooperation-and-integrated-water-resources-management-dniester-river>

19. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. – Європейська комісія, 2014. 282 с. URL: [http://www.kmu.gov.ua/kmu/docs/EA/00\\_Ukraine-EU\\_Association\\_Agreement\\_%28body%29.pdf](http://www.kmu.gov.ua/kmu/docs/EA/00_Ukraine-EU_Association_Agreement_%28body%29.pdf).

20. Fowler D. Atmospheric composition change: Ecosystems - Atmosphere interactions / D. Fowler, K. Pilegaard, M.A. Sutton et al. // Atmospheric Environment. – 2009. - № 43. – P. 5193-5267.

21. Schmidt I. K. Soil solution chemistry and element fluxes in three European heathlands and their responses to warming and drought / I. K. Schmidt, B. A. Emmett, A. Tietema et al. // Ecosystems. – 2004. – 7. – P. 638 – 649.

22. Agriculture, forestry and other land use. In: 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories / Eds. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa et al. – Hayama: IGES, 2007.

23. Medinets S. , Skiba U., Rennenberg H., Butterbach-Bahl K. A review of soil NO

transformation: associated processes and possible physiological significance on organisms / S. Medinets // Soil Biology and Biochemistry. 2015. № 80. P. 92-117.

24. Atmospheric Ammonia. Detecting emission changes and environmental impacts / Eds. M.A. Sutton, S. Reis, S.M.H. Baker. – Amsterdam: Springer Science + Business Media B.V., 2009. – 464 p.

25. Framework code for good agricultural practice for reducing ammonia emissions. UNECE [Electronic resource]. – United Nations Economic Commission for Europe, 2015. – 32 p. - Режим доступу: [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/Publications/Ammonia\\_SR136\\_28-4\\_HR.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/Publications/Ammonia_SR136_28-4_HR.pdf).

26. Статистичний щорічник України за 2015 рік / Під ред. І. М. Жук. – К.: Державне служба статистики України, 2016. – 575 с.

27. Основные показатели сельского хозяйства. Национальное бюро статистики Республики Молдова [Електронний ресурс]. URL: <http://www.statistica.md/pageview.php?l=ru&idc=315&id=2278>

28. River basin management plan for Prut pilot basin in the territories of Ukraine and Moldova. River basin analysis. Environmental Protection of International River Basins (EPIRB). – European Commission, 2013. 144 p.

29. Карта сміттєзвалищ. Міністерство екології і природних ресурсів України [Електронний ресурс]. - URL: <http://www.menr.gov.ua/international/258-international7/maps/5108-map>.

30. Інтерактивна мапа. Міністерство екології і природних ресурсів України. URL: <https://ecomapa.gov.ua/>.

31. Medinets S. The Black Sea Nitrogen Budget Revision in Accordance with Recent Atmospheric Deposition Study// Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2014. № 14. P. 981-992.

32. Medinets S. , Medinets V. Investigations of Atmospheric Wet and Dry Nutrient Deposition to Marine Surface in Western Part of the Black Sea // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2012. № 12. P. 497-505.

33. Convention on long-range transboundary air pollution [Electronic resource]. – United Nation Economic Commission for Europe, 1979. 7 p. URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.e.pdf>

34. Мединец В.И., Роженко Н.В., Павлик Т.В. Оценка площадей и экономического ущерба пожаров в дельте Днестра в 2011-2014 гг. // Мат-ли Всеукраїнської наук.-практ. конф. «Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний гідроекологічний стан; проблеми водного та екологічного менеджменту, рекомендації щодо їх вирішення», (1-3 жовтня 2014 р., Одеса). – Одеса: ТЕС, 2014. – С. 105-108.

Надійшла до редколегії 20.03.2017