

УДК 614.7:631.11:636.002.68

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-2.26>

ЕМІСІЯ АМІАКУ ТА ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ІЗ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Пінчук В.О. – к. с.-г. н., с. н. с.,

завідувач лабораторії екології тваринництва,
Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук

Бородай В.П. – д. с.-г. н., професор,

провідний науковий співробітник лабораторії екології тваринництва,
Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук

Розраховано емісію аміаку (NH_3), закису азоту (N_2O) і метану (CH_4) з побічної продукції тваринного походження (гною) за адміністративними областями, категоріями господарств, видами сільськогосподарських тварин і системами прибирання, зберігання і використання гною в Україні згідно з методологією Міжурядової групи експертів з питань змін клімату (МГЕЗК). Встановлено, що загалом в Україні станом на 2016 рік від систем прибирання, зберігання і використання гною в повітря виділилося 163,5 тисяч тонн NH_3 на рік і 5,1 тисяч тонн N_2O на рік. За адміністративними областями найбільше викидів NH_3 у Вінницькій, Київській і Черкаській областях – у середньому 12,6 тисяч тонн на рік. Викидів N_2O найбільше у Вінницькій і Полтавській областях – у середньому 362,9 тонн на рік. Втрати азоту (вивітрювання) унаслідок амоніфікації та денітрифікації гною становлять 138,4 тисяч тонн на рік. Унаслідок метаногенезу гною утворилося 47,37 тисяч тонн на рік CH_4 . Найбільше викидів у Київській, Вінницькій і Черкаській областях – у середньому 4,4 тисячі тонн на рік CH_4 . За системами зберігання гною – 75,8% викидів NH_3 і N_2O від системи зберігання гною у твердому стані та 17,7% від гною, що залишається на пасовищах від загальної кількості викидів із гною в Україні. За видами сільськогосподарських тварин найбільше викидів NH_3 і парникових газів (ПГ) із гною великої рогатої худоби – 37,2%, свиней – 34,4%, посліду птиці – 28,4% від загальної кількості викидів NH_3 і парникових газів із гною в Україні. Залежно від категорій тваринницьких господарств України найбільше викидів NH_3 і парникових газів із гною тварин від господарств населення – 54,6%, сільськогосподарських підприємств – 43%, фермерських господарств – 2,4%. З'ясовано, що одна із причин викидів і втрат азоту – нераціональне використання гною в сільському господарстві як органічного добрива. Зокрема, у 2016 році з органічними добривами внесено в ґрунт під сільськогосподарські культури лише 34% загального азоту (N), гною від екскреції сільськогосподарських тварин у 2015 р. Для порівняння, у 2016 році у складі органічних добрив у ґрунт внесено 132,4 тисячі тонн N, це на 6 тисяч тонн на рік менше порівняно із втратами азоту від емісії, що підкреслює масштаб агроекологічної проблеми емісії сполук хімічно активного азоту із гною в Україні.

Ключові слова: емісія, аміак, парникові гази, гній, сільське господарство, втрати азоту, Гетеборзький протокол, Рамкова конвенція ООН про зміну клімату.

Pinchuk V.O., Borodai V.P. Ammonia and greenhouse gas emissions from animal by-products

Emissions of ammonia (NH_3), nitrous oxide (N_2O) and methane (CH_4) from by-products of animal origin (manure) by administrative areas, categories of livestock farms, livestock animals and systems for manure collection, storage and use in Ukraine are calculated according to the methodology of the Intergovernmental Expert Group on Climate Change (IPCC). As a whole, in Ukraine, as of 2016, 163.5 thousand tonnes of NH_3 per year and 5.1 thousand tonnes of N_2O per year got in the air from the systems of manure collection, storage and use. By administrative regions, NH_3 emissions are highest in Vinnytsia, Kyiv and Cherkasy regions – an average of 12.6 thousand tonnes per year. N_2O emissions are highest in Vinnytsia and Poltava regions – an average of 362.9 tonnes per year. Nitrogen loss (weathering) as a result of ammonification and denitrification of manure is 138.4 thousand tonnes per year. As a result of methanogenesis,

manure generated 47.37 thousand tonnes of CH₄ per year. Most emissions in Kyiv, Vinnytsia and Cherkasy regions – an average of 4.4 thousand tonnes CH₄ per year. As to manure storage systems, 75.8% of NH₃ and N₂O emissions come from solid manure storage and 17.7% of manure remaining in pastures out of total manure emissions in Ukraine. As to livestock animals, the highest emissions of NH₃ and greenhouse gases (GHG) come from cattle manure – 37.2%, pigs – 34.4 and poultry – 28.4% of the total emissions of NH₃ and GHG from manure in Ukraine. Depending on the categories of Ukrainian livestock farms, the largest emissions of NH₃ and GHG are from animal manure from households – 54.6%, agricultural enterprises – 43.0 and farms – 2.4%. It has been found that one of the causes of nitrogen emissions and losses is inefficient use of manure in agriculture as an organic fertilizer. In particular, in 2016, only 34% of total nitrogen (N) of manure from the excretion of farm animals in 2015 was introduced into the soil under organic fertilizers. For comparison in 2016, 132.4 thousand tonnes of N per year was introduced into the soil as organic fertilizers, it is 6 thousand tonnes N per year less compared to nitrogen losses from emissions, which emphasizes the scale of the agroecological problem of the emission of compounds of reactive nitrogen from manure in Ukraine.

Key words: emission, ammonia, greenhouse gases, manure, agriculture, nitrogen loss, Gothenburg Protocol, UN Framework Convention on Climate Change.

Постановка проблеми. За об'ємом викидів парникових газів (далі – ПГ) сільське господарство, хоч і поступається енергетиці та промисловості, але все ж є потужним їх джерелом як в Україні, так і у глобальних масштабах [1]. Основною причиною утворення та надходження в атмосферу аміаку та ПГ від галузі тваринництва є те, що весь технологічний процес виробництва продукції тваринництва супроводжується використанням і утворенням органічної речовини, під час розкладання якої як в аеробних, так і в анаеробних умовах відбувається утворення й емісія цих газів [2; 3].

Основною нормативно-правовою підставою для проведення досліджень є Закон України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» [4], міжнародні екологічні договори: Кіотський протокол Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй (далі – ООН) про зміну клімату (UNFCCC) [5] і Гетеборзький протокол Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані (CLRTAP) Європейської економічної комісії ООН (UNECE) [6; 7]. Гетеборзький протокол про боротьбу з підкисленням, евтрофікацією і приземним озоном встановлює граничні норми для чотирьох забруднювачів (SO₂, NO_x, ЛОС, NH₃). Протокол Україною ще не підписано.

Основним джерелом викидів в атмосферу аміаку визнано системи поводження із гноєм під час виробництва сільськогосподарської продукції. Гній без належної системи зберігання і використання стає джерелом втрат поживних речовин і забруднення навколишнього природного середовища сполуками хімічно активного азоту [8].

За даними Національного кадастру, у 2016 р. викиди ПГ у CO₂-екв. від «Кишкової ферментації» і «Прибирання, зберігання і використання гною» у секторі «Сільське господарство» становили 3,8% викидів від загальної кількості ПГ в Україні та 30,3% у структурі сільського господарства України [9]. Національний кадастр надає узагальнену інформацію стосовно викидів ПГ сектора «Сільське господарство» лише в межах категорій викидів ПГ на рівні країни.

Для детальної екологічної оцінки забруднення повітря та втрат азоту від викидів аміаку (NH₃), закису азоту (N₂O) і метану (CH₄) з побічної продукції тваринного походження в Україні необхідно враховувати вплив таких антропогенних чинників: локалізацію тваринництва, категорії господарств, поголів'я і вид тварин, системи прибирання, зберігання і використання гною, що і зумовило актуальність досліджень.

Матеріали та методика досліджень. Вихідними даними для розрахунків були статистичні матеріали Державної служби статистики України стосовно поголів'я сільськогосподарських тварин різних видів (велика рогата худоба (далі – ВРХ), свині, птахи), статеві-вікових груп тварин усіх категорій господарств упродовж 2015–2016 рр. [10], внесення органічних добрив у ґрунт під сільськогосподарські культури у 2016 р. [11].

Екскрецію азоту із гноєм тварин розраховували за рівнянням 1 [12]:

$$N_{excretion} = \sum_i (AAP_i \times N_{excretioncoefficient_i}), \quad (1)$$

де $N_{excretion}$ – екскреція азоту із гною сільськогосподарських тварин, тис т/рік; AAP_i – середньорічне поголів'я i -го виду/категорій тварин, тис. голів [10]; $N_{excretioncoefficient}$ – коефіцієнт екскреції i -го виду/категорій тварин, кг N/гол./рік [9].

Прямі викиди N_2O та втрати азоту від емісії NH_3 і NO_x у результаті прибирання, зберігання та використання гною розраховували за рівняннями 2, 3 [13]:

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \times N_{ex(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times EF_{3(S)} \right] \times \frac{44}{28}, \quad (2)$$

$$N_{емісія-MMS} = \sum_S \left[\sum_T (N_T \times N_{ex(T)} \times MS_{(T,S)}) \times \left(\frac{Frac_{ГазMS}}{100} \right) \right], \quad (3)$$

де: $N_2O_{D(mm)}$ – прямі викиди N_2O у результаті прибирання, зберігання та використання гною, тис. т N_2O /рік; $N_{емісія-MMS}$ – кількість азоту, що втрачається із гною від емісії NH_3 і NO_x , тис. т N/рік; $N_{(T)}$ – середньорічне поголів'я T -го виду/категорій тварин [10]; $N_{ex(T)}$ – середньорічне виділення азоту на одну голову T -го виду/категорій тварин, кг N/гол./рік; $MS_{(T,S)}$ – частка сумарного виділення азоту для T -го виду/категорій тварин, що обробляється в межах S – системи прибирання, зберігання та використання гною, без розмірності [9]; $EF_{3(S)}$ – коефіцієнт викидів для прямих викидів N_2O від S – системи прибирання, зберігання та використання гною, кг N_2O -N/кг N у системі S [9]; $Frac_{ГазMS}$ – відсоткова частка емісії N в обробленому гної T -го виду/категорій тварин у межах S – системи прибирання, зберігання та використання гною, % [14]; S – система прибирання, зберігання та використання гною; T – вид/категорія тварин; $44/28$ – коефіцієнт перетворення викидів N_2O -N_(mm) на викиди N_2O _(mm).

Викиди аміаку у результаті прибирання, зберігання та використання гною розраховували за рівнянням 4:

$$NH_{3зній} = N_{емісія-MMS} \times \frac{17}{14}, \quad (4)$$

де: $NH_{3зній}$ – викиди аміаку в результаті прибирання, зберігання та використання гною, тис. т NH_3 на рік; $17/14$ – коефіцієнт перетворення викидів NH_3 -N на викиди NH_3 .

Викиди CH_4 у результаті прибирання, зберігання та використання гною розраховували за рівнянням 5 [13]:

$$CH_{4зній} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \times N_{(T)})}{10^6}, \quad (5)$$

де: $CH_{4зній}$ – викиди CH_4 у результаті прибирання, зберігання та використання гною для встановленого поголів'я тварин, тис. т/рік; $EF_{(T)}$ – коефіцієнт викидів для встановленого поголів'я тварин, CH_4 кг/гол./рік [9]; $N_{(T)}$ – середньорічне поголів'я T -го виду/категорій тварин [10]; T – вид/категорія тварин.

Середньорічне поголів'я сільськогосподарських тварин визначали шляхом розрахунку середньої арифметичної між поголів'ям на початок і кінець року. Для побудови картограм використовували програму MS Excel 2019.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективність використання в землеробстві таких побічних продуктів, як гній, залежить від технологій його подальшого перероблення і внесення у ґрунт. Розраховано кількість виділеного гною від сільськогосподарських тварин різних видів усіх категорій господарств України у 2016 р., що становить 30 542 тис. т/рік (рис. 1).

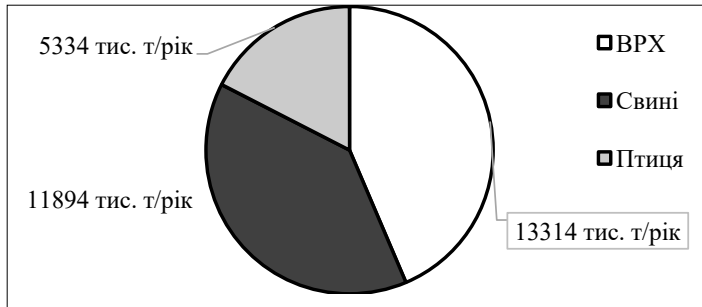


Рис. 1. Розрахункова кількість виділення гною від сільськогосподарських тварин різних видів усіх категорій господарств України станом на 2016 р.

Найбільше гною утворюється у скотарстві (44%), свинарстві (39%) і птахівництві (17%).

У таблиці 1 показано розрахункову кількість гною за системами видалення, зберігання та використання гною сільськогосподарських тварин різних видів усіх категорій господарств в Україні.

Таблиця 1

Розрахункова кількість виділення гною від сільськогосподарських тварин різних видів усіх категорій господарств України за системами видалення, зберігання та використання гною, станом на 2016 р.

Вид тварин	Кількість виділеного гною за системами видалення, зберігання та використання гною, тис. т					
	Рідкий гній	Тверде зберігання	Пасовище/загін	Анаеробні лагуни	Послід без підстилки	Компостування
ВРХ	269,8	6 444	6 521,9	–	–	77,8
Свині	1 581,7	10 063,8	–	199,7	–	49,1
Птиця	–	–	1 194,8	–	4 124,4	14,7
Усього	1 851,5	16 507,8	7 716,7	199,7	4 124,4	141,6

Переважає кількість гною (послїду) сільськогосподарських тварин зберігається у твердому (68%) вигляді та на пасовищі (25%), інші системи становлять 7%.

За розрахунками в Україні (2016 р.) у складі гною від сільськогосподарських тварин виділилося 373,4 тис. т азоту. За адміністративними областями – від 4,3 (Луганська обл.) до 32,9 тис. т азоту (Вінницька обл.). Найбільше азоту виділяється із гною ВРХ – 186,4 тис. т/рік, свиней – 107 тис. т/рік, послїду птиці – 80 тис. т/рік (рис. 2).

Залежно від системи прибирання, зберігання і використання гною азот гною перетворюється на NH_3 і N_2O . На основі даних Національного кадастру стосовно використання систем поводження із гноєм різних видів сільськогосподарських тварин усіх категорій господарств України розраховано викиди NH_3 і N_2O на рівні адміністративних областей. Загалом в Україні у 2016 р. від систем прибирання, зберігання і використання гною в повітря виділилося 163,5 тис. т NH_3 на рік і 5,1 тис. т N_2O на рік.

За адміністративними областями найбільше викидів NH_3 у Вінницькій, Київській і Черкаській обл. – у середньому 12,6 тис. т/рік. Найменше викидів у Луганській, Миколаївській і Чернівецькій обл. – у середньому 3 тис. т/рік (рис. 3).



Рис. 2. Екскреція азоту із гною сільськогосподарських тварин за регіонами України станом на 2016 р.



Рис. 3. Викиди NH_3 із гною сільськогосподарських тварин за регіонами України станом на 2016 р.

Викидів N_2O найбільше у Вінницькій і Полтавській обл. – у середньому 3 62,9 т/рік. Найменше викидів у Луганській, Донецькій і Чернівецькій обл. – у середньому 101,8 т/рік (рис. 4).



Рис. 4. Викиди N_2O із гною сільськогосподарських тварин за регіонами України станом на 2016 р.

За розрахованих показників викидів NH_3 і N_2O втраги азоту (вивітрювання) унаслідок амоніфікації та денітрифікації гною становлять 138,4 тис. т/рік. Для порівняння: у 2016 р. у складі органічних добрив внесено у ґрунт, за розрахунковими даними, 132,4 тис. т N, що на 6 тис. т/рік N менше порівняно із втратами азоту.

Водночас розраховані показники вивітрювання азоту не враховують минулорічний гній, який не було внесено у ґрунт у поточному році як органічне добриво під сільськогосподарські культури. Зокрема, у 2016 р. з органічними добривами внесено у ґрунт лише 34% загального азоту (N), гною від екскреції сільськогосподарських тварин у 2015 р. За такої тенденції з року в рік гній накопичується і стає значним джерелом забруднення навколишнього природного середовища сполуками азоту.

У таблиці 2 показано викиди NH_3 і N_2O залежно від систем видалення, зберігання та використання гною сільськогосподарських тварин в Україні. Встановлено, що основним джерелом викидів NH_3 і N_2O в Україні є система зберігання гною у твердому стані – 75,8%, а також гній, що залишається на пасовищах – 17,7% від загальної кількості викидів NH_3 і N_2O із гною в Україні.

За розрахунками в Україні у 2016 р. внаслідок метаногенезу гною утворилося CH_4 47,37 тис. т/р. Найбільше викидів у Київській, Вінницькій і Черкаській обл. – у середньому 4,4 тис. т/рік, найменше викидів у Луганській, Миколаївській і Чернівецькій обл. – у середньому 0,7 тис. т/рік (рис. 5).

За видами сільськогосподарських тварин найбільше викидів NH_3 і ПГ із гною ВРХ – 37,2%, свиней – 34,4%, посліду птиці – 28,4% від загальної кількості викидів NH_3 і ПГ із гною в Україні, що пов'язано з відмінностями за поголів'ям тварин різних видів, біологічними особливостями видів та категорій тварин, а також із використанням різних систем поводження із гномом відповідно до виду тварин (рис. 6).

Таблиця 2

Емісія NH₃ і N₂O за системами видалення, зберігання та використання гною сільськогосподарських тварин, станом на 2016 р.

Система видалення, зберігання та використання гною	Емісія NH ₃ , тис. т	Емісія N ₂ O, тис. т
Анаеробні стави	0,87	0,03
Рідкий гній	9,87	0,14
Зберігання у твердому стані	126,36	1,52
Компостування*	—	0,02
Гній на пасовищі/загоні	26,43	3,43
Усього	163,53	5,13

*відсутні коефіцієнти щодо викидів NH₃ за системи компостування гною, що становить 1,5% від загальної кількості гною в Україні [9; 14].



Рис. 5. Викиди CH₄ із гною сільськогосподарських тварин за регіонами України, станом на 2016 р.

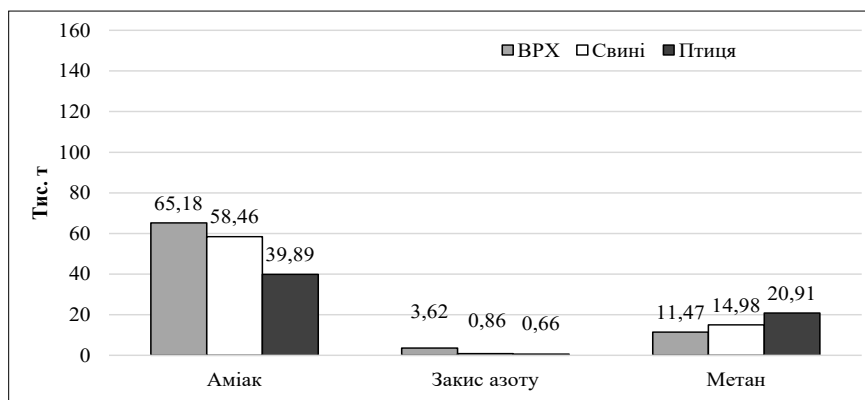


Рис. 6. Викиди NH₃ та ПГ із гною за видами сільськогосподарських тварин, станом на 2016 р.

Залежно від категорій тваринницьких господарств України найбільше викидів NH_3 і ПГ із гною тварин від господарств населення – 54,6%, сільськогосподарських підприємств – 43%, фермерських господарств – 2,4% (рис. 7).



Рис. 7. Викиди NH_3 та ПГ за категоріями господарств тварин, станом на 2016 р.

Це пов'язано з тим, що у приватному секторі зосереджено значне поголів'я сільськогосподарських тварин (47,6%) і використовують лише системи зберігання гною у твердому стані та на пасовищі, які мають найбільші викиди NH_3 і ПГ.

Отже, зниженню викидів NH_3 і ПГ сприяє ефективне використання природних і енергетичних ресурсів із мінімізацією втрат поживних речовин, зниженням антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище впродовж процесу виробництва та споживання сільськогосподарської продукції.

Висновки. Розраховано емісію NH_3 , N_2O і CH_4 з побічної продукції тваринного походження за адміністративними областями, категоріями господарств, видами тварин, системами прибирання, зберігання і використання гною в Україні станом на 2016 р.

Встановлено, що 93,5% викидів NH_3 і N_2O в Україні пов'язані із системами зберігання гною у твердому стані та на пасовищі, найбільші джерела викидів NH_3 , N_2O і CH_4 в Україні (54,6%) – господарства населення і галузь скотарства (37,2%).

Однією із причин втрат азоту від емісії NH_3 і N_2O є нераціональне використання гною в сільському господарстві України як органічного добрива: у 2016 р. з органічними добривами внесено у ґрунт під сільськогосподарські культури лише 34% загального азоту гною від екскреції сільськогосподарських тварин у 2015 р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. До питання розрахунку викидів парникових газів відходів тваринництва / М.О. Захаренко та ін. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6. № № 3–4. С. 63–70.
2. Никифорок О.В. Вплив комплексу факторів на емісію парникових газів від свиноферми. *Вісник аграрної науки*. 2014. №5. С. 73–75.
3. Гриднев П.И., Гриднева Т.Т. Эмиссия парниковых газов и аммиака из навоза в процессе уборки и подготовки его к использованию. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2017. № 1 (25). С. 25–33.
4. Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною : Закон України / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради*. 2015. № 24. Ст. 171.

5. UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, 1992. 25 p. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (дата звернення: 16.11.2019).
 6. 1999 Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, as amended on 4 May 2012. ECE/EB.AIR/114. 98 p. URL: http://www.unecese.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/air/eb/ECE.EB.AIR.114_ENG.pdf (дата звернення: 16.11.2019).
 7. Convention on long-range transboundary air pollution, United Nations. Geneva, 1979. URL: http://www.un.org/ar/events/biodiversity2010/pdf/AirPollution_convEN.pdf (дата звернення: 16.11.2019).
 8. Guidance document for the prevention and abate of ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120. 2014. 100 p. URL: https://www.unecese.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf (дата звернення: 16.11.2019).
 9. Тваринництво України: статистичний збірник / Державний комітет статистики України. Київ, 2017. 141 с.
 10. Внесення мінеральних та органічних добрив під урожай сільськогосподарських культур у 2016 р. : статистичний бюлетень / Державний комітет статистики України. Київ, 2017. 56 с.
 11. Methodology and Handbook Eurostat / OECD Nutrient Budgets, 2013. 112 p. URL: http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei_pr_gnb_esms_an1.pdf (дата звернення: 16.11.2019).
 12. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов, подготовлено программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов / под ред. С. Игглестонидр. ИГЕС, Япония, 2006. URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf (дата звернення: 02.11.2019).
 13. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990–2012 / Министерство экологии и природных ресурсов Украины. Киев, 2014. 577 с.
-