

УДК 004.942

*Н.В. Чарковська, Р.А. Бунь*Національний університет «Львівська політехніка», Україна
Україна, 79013, м. Львів, вул. Степана Бандери, 12

Геоінформаційна технологія моделювання та просторового аналізу прямих емісій закису азоту від сільськогосподарських ґрунтів*

*N.V. Charkovska¹, R.A. Bun¹*¹ Lviv National Polytechnic University, Ukraine
Ukraine, 79013, c. Lviv, st. Stepana Bandery, 12

Geoinformation Technology of Modeling and Spatial Analysis of Direct Emissions of Nitrous Oxide from Agricultural Soils

*Н.В. Чарковская, Р.А. Бунь*Национальный университет «Львовская политехника», Украина
Украина, 79013, г. Львов, ул. Степана Бандеры, 12

Геоинформационная технология моделирования и пространственного анализа прямых эмиссий закиси азота от сельскохозяйственных почв

Проаналізовано основні джерела емісії парникових газів, що належать до сектору «Сільське господарство», його підсектору «Ґрунти сільськогосподарського призначення» та в ньому – до категорії «Прямі викиди від сільськогосподарських ґрунтів». З використанням розроблених математичних моделей та створеної геоінформаційної технології здійснено оцінку емісії закису азоту від внесення в орні землі Польщі: азотних добрив, осаду стічних вод, гною тварин, рослинних залишків та від вирощування азотфіксуючих культур. Результати просторової інвентаризації парникових газів на рівні елементарних ділянок 2 км×2 км представлено у вигляді цифрових карт.

Ключові слова: геоінформаційна технологія, моделювання, просторових аналіз, емісії парникових газів, сільськогосподарські ґрунти.

The main GHG emission sources in IPCC category Direct Soil Emissions of subsector Agricultural Soils of Agriculture sector in Poland are analyzed. Using the developed mathematical models and geoinformation technology N₂O emissions in the applying to agricultural soils of synthetic fertilizers, sewage sludge, animal manure, crops residues and in the growing of N-fixing crops are assessed. Results of GHG spatial inventory at elementary areas 2 km×2 km are presented as digital maps.

Key words: geoinformation technology, modeling, spatial analysis, greenhouse gas emissions, agricultural soils.

Проанализированы основные источники эмиссии парниковых газов, относящихся к сектору «Сельское хозяйство», его подсектору «Почвы сельскохозяйственного назначения» и в нем к категории «Прямые выбросы от сельскохозяйственных почв». С использованием разработанных математических моделей и созданной геоинформационной технологии осуществлена оценка эмиссии закиси азота от внесения

*Роботи виконано в рамках проекту 7FP Marie Curie Actions IRSES project № 247645.

в пахотные земли Польши: минеральных удобрений, осадка сточных вод, навоза животных, растительных остатков и от выращивания азот-фиксирующих культур. Результаты пространственной инвентаризации парниковых газов на уровне элементарных участков $2 \text{ км} \times 2 \text{ км}$ представлено в виде цифровых карт.

Ключевые слова: геоинформационная технология, моделирование, пространственный анализ, эмиссии парниковых газов, сельскохозяйственные почвы.

Вступ

Останні чверть століття людство все більше переймається зміною клімату – однією з глобальних екологічних проблем сьогодення. Ці зміни викликані як природними, так і антропогенними чинниками. До останніх відносять збільшення концентрації парникових газів в атмосфері внаслідок господарської діяльності людини (спалювання викопного палива, вирубування лісів тощо). Оцінювання емісій парникових газів є першочерговою проблемою при перевірці виконання міжнародних зобов'язань щодо скорочення рівня викидів [1].

Значна частка в сукупних емісіях парникових газів належить сільському господарству. Відповідно до міжнародної класифікації джерел емісій [2] у секторі «Сільське господарство» виділяють підсектор «Ґрунти сільськогосподарського призначення», що в свою чергу поділяється на три категорії: безпосередні/прямі емісії закису азоту від сільськогосподарських земель, опосередковані/непрямі емісії та емісії, пов'язані з тваринництвом. Найбільша кількість емісій закису азоту (N_2O) у сільськогосподарському секторі з часткою 3% (2010 р.) припадає на прямі емісії від ґрунтів [3]. Актуальною задачею є розробка математичних моделей та методів просторової інвентаризації парникових газів для регіонів різних країн, зокрема, Польщі. Просторова інвентаризація цих газів, яка б враховувала сектор «Сільське господарство», не проводилася для Польщі, тому вирішення цього завдання є актуальним.

Метою цієї статті є розроблення математичних моделей та створення відповідної геоінформаційної технології формування георозподілених баз даних для реалізації просторового моделювання та аналізу процесів емісії парникових газів у результаті внесення різних добрив в орні землі Польщі. При цьому сільськогосподарські угіддя, які спричиняють такі емісії, вважаємо площинними джерелами емісії.

Моделі процесів емісії парникових газів на рівні елементарних ділянок

Відповідно до міжнародних методик інвентаризації парникових газів категорія «Прямі емісії від сільськогосподарських ґрунтів» поділяється на п'ять підкатегорій: внесення мінеральних добрив, органічних добрив, гною тварин, рослинних залишків в оброблювані землі та вирощування азот-фіксуєчих культур [2]. Основним парниковим газом при цьому є закис азоту (N_2O).

До мінеральних добрив належать калійні, фосфатні та азотні добрива. В цій категорії розглядаємо тільки добрива, що містять азот. Для оцінювання величини викидів закису азоту від внесення в ґрунт азотних добрив процесам емісії поставлено у відповідність таку математичну модель:

$$E_{SN}^{N_2O}(\delta) = \frac{44}{28} \cdot [F_{SN}(\delta) \cdot (1 - K_{GASF}) \cdot K_{SN}^{N_2O}(\delta)] \quad (1)$$

де $E_{SN}^{N_2O}$ – річні емісії закису азоту в елементарній ділянці δ ; F_{SN} – кількість спожитих азотних добрив у цій елементарній ділянці; K_{GASF} – частка азоту в азотних добривах, що вивітрюється, у вигляді NH_3 та NO_x ; $K_{SN}^{N_2O}$ – коефіцієнт емісії закису азоту в елементарній ділянці δ ; $44/28$ – коефіцієнт для переведення в одиниці закису азоту.

До органічних добрив належать компост, сечовина, осад стічних вод тощо. У Польщі інвентаризацію парникових газів у цій категорії джерел проводять тільки від осаду стічних вод. Математична модель процесів емісії закису азоту від внесення в орні землі осаду стічних вод має такий вигляд:

$$E_{SS}^{N_2O}(\delta) = \frac{44}{28} \cdot [F_{SS}(\delta) \cdot K_{DM}^N \cdot K_{SS}^{N_2O}(\delta)] \quad (2)$$

де $E_{SS}^{N_2O}$ – річні емісії закису азоту в елементарній ділянці δ ; F_{SS} – кількість внесеного в ґрунт осаду стічних вод у цій елементарній ділянці; K_{DM}^N – частка азоту (N) в сухій біомасі осаду; $K_{SS}^{N_2O}$ – коефіцієнт емісії закису азоту в елементарній ділянці δ .

Процесам емісії закису азоту від внесення гною тварин у ґрунт поставлено у відповідність математичну модель:

$$E_{AW}^{N_2O}(\delta) = \frac{44}{28} \cdot \sum_{a=1}^A [F_a(\delta) \cdot K_a^N \cdot (1 - K_{GASM}) \cdot (1 - K_{GRAZ,a}) \cdot K_{AW}^{N_2O}(\delta)] \quad (3)$$

де $E_{AW}^{N_2O}$ – річні емісії закису азоту в елементарній ділянці δ ; F_a – статистичні дані щодо поголів'я a -о виду худоби в елементарній ділянці δ ; K_a^N – вміст азоту (N) в утвореному за рік гною однієї тварини для a -о виду худоби; K_{GASM} – частка азоту (N) в гною, що вивітрюється, у вигляді NH_3 та NO_x ; $K_{GRAZ,a}$ – частка азоту (N) в гною a -о виду худоби, що потрапляє в ґрунт при її випасанні; $K_{AW}^{N_2O}$ – коефіцієнт емісії закису азоту в елементарній ділянці δ .

Математична модель процесів емісії закису азоту від вирощування бобових культур, що фіксують азот, має вигляд:

$$E_{FN}^{N_2O}(\delta) = \frac{44}{28} \cdot \sum_b [S_{fn,b}(\delta) \cdot Y_{fn,b}(\delta) \cdot (1 + K_{r/fn,b}) \cdot K_{DM,b}^N \cdot K_{NCR,b}^N \cdot K_{FN}^{N_2O}(\delta)] \quad (4)$$

де $E_{FN}^{N_2O}$ – річні емісії закису азоту в елементарній ділянці δ ; $S_{fn,b}$ – площа насаджень бобових культур b -о типу в цій ділянці; $Y_{fn,b}$ – урожайність бобових культур b -о типу в цій ділянці; $K_{r/fn,b}$ – відношення залишків до маси рослинної продукції для бобових культур b -о типу; $K_{DM,b}^N$ – частка сухої речовини в наземній біомасі для бобових культур b -о типу; $K_{NCR,b}^N$ – вміст азоту (N) в рослинній біомасі для бобових культур b -о типу; $K_{FN}^{N_2O}$ – коефіцієнт емісії закису азоту в елементарній ділянці δ .

Процесам емісії закису азоту від внесення рослинних залишків у ґрунт поставлено у відповідність таку математичну модель:

$$E_{CR}^{N_2O}(\delta) = \frac{44}{28} \cdot \sum_c \left[S_{cr,c}(\delta) \cdot Y_{cr,c}(\delta) \cdot K_{res/cr,c} \cdot K_{DM,c}^N \cdot K_{NCR,c}^N \cdot (1 - K_{removed,c}) \cdot (1 - K_{burned,c}) \cdot K_{CR}^{N_2O}(\delta) \right] \quad (5)$$

де $E_{CR}^{N_2O}$ – річні емісії закису азоту в елементарній ділянці δ ; $S_{cr,c}$ – площа насаджень культур c -о типу в цій ділянці; $Y_{cr,c}$ – урожайність культури c -о типу в цій ділянці; $K_{res/cr,c}$ – відношення залишків до маси рослинної продукції для культури c -о типу; $K_{DM,c}^N$ – частка сухої речовини в наземній біомасі для культури c -о типу; $K_{NCR,c}^N$ – частка азоту (N) в рослинній біомасі для культури c -о типу; $K_{removed,c}$ – частка залишків для культури c -ого типу, зібраних з поля як продукт; $K_{burned,c}$ – частка залишків, спалених на полях, для культури c -о типу; $K_{CR}^{N_2O}$ – коефіцієнт емісії закису азоту в елементарній ділянці δ .

Вхідними даними для математичних моделей (1) – (5) є відповідна статистична інформація на рівні гмін щодо обсягів спожитих азотних добрив; осаду стічних вод; поголів'я худоби та птиці; площі засаджень різних культур (зернових, бобових, коренеплодів, овочів та інших) та показники їх урожайності; а також специфічні коефіцієнти емісії парникових газів. Статистичну інформацію отримано з сайту локального банку даних Польщі [4-7]. Специфічні коефіцієнти та коефіцієнти емісії закису азоту використано з польського національного звіту з інвентаризації за 2012 рік [3].

Формування множини ділянок ґрунтів та множини елементарних об'єктів для моделювання

Для проведення просторової інвентаризації парникових газів використано цифрову карту гмін та воєводств – найменша та найбільша адміністративно-територіальна одиниця Польщі, відповідно, та карту землекористування, з якої засобами геоінформаційної системи «вирізано» водойми, ліси та інші території, залишивши тільки орні землі.

Нехай $R_3 = \{R_{3,n_3}, n_3 = \overline{1, N_3}\}$ – множина гмін, N_3 – кількість гмін; $B_{al} = \{B_{al, n_{al}}, n_{al} = \overline{1, N_{al}}\}$ – множина всіх ділянок орних земель; N_{al} – їх кількість.

Засобами спеціалізованої геоінформаційної системи ділянки орних земель «розрізано» картою гмін, оскільки поля можуть повністю знаходитися в межах гміни або складатися з кусків, що належать різним гмінам.

У результаті отримано множину ділянок орних земель після поділу картою гмін – $B_{al}^* = \{B_{al, n_{al}}^*, n_{al} = \overline{1, N_{al}}^*\}$, а N_{al}^* – їх кількість.

Після цього ділянки з множини B_{al}^* «розрізано» допоміжною сіткою g розміром $2 \text{ км} \times 2 \text{ км}$. Нехай $B_{al}^{**} = \{B_{al, n_{al}}^{**}, n_{al} = \overline{1, N_{al}}^{**}\}$ – множина ділянок орних земель, що утворилася після розрізання допоміжною сіткою, N_{al}^{**} – їх кількість.

У свою чергу карту гмін також «розрізано» цією ж сіткою і сформовано множину елементарних об'єктів $\Delta = \{\delta_m, m = \overline{1, M}\}$. В елементарному об'єкті δ може міститися одна або декілька ділянок з множини B_{al}^{**} або жодної.

Сформовано множину з 124 063 елементарних ділянок та множину з 149 856 ділянок орних земель.

Моделювання емісії закису азоту від внесення азотних добрив у орні землі Польщі

Оцінювання прямих емісій від сільськогосподарських ґрунтів має вкрай важливе значення для отримання реальної картини емісій в аграрному секторі Польщі. Серед досліджуваних п'яти категорій джерел емісії найбільша кількість закису азоту викидається в атмосферу внаслідок внесення азотних добрив у ґрунт (18,2 тис. тон закису азоту у 2010 році) [3].

При моделюванні емісій закису азоту використовуємо припущення, що в межах окремо взятої гміни обсяги спожитих добрив розподіляємо пропорційно до площ орних земель, що належать цій гміні. Для обчислення розподілу азотних добрив по елементарних ділянках попередньо дезагреговано вхідні дані у два етапи: 1) від рівня гмін до рівня

ділянок орних земель з множини V_{al}^* ; 2) від ділянок орних земель з множини V_{al}^* до ділянок з множини B_{al}^{**} . Площа в δ -й елементарній ділянці є сумою площ ділянок орних земель з множини V_{al}^{**} , які її перетинають.

$$F(\delta) = \sum_{B_{al,n_{al}}^{**} \in B_{al}^{**}} \left[\frac{F(R_{3,n_3}) \cdot \text{area}(B_{al,n_{al}} \cap R_{3,n_3})}{\sum_i^n \text{area}(B_{ali} \cap R_{3,n_3})} \right] \cdot \left[\frac{\text{area}(B_{al,n_{al}}^* \cap g)}{\sum_j^m \text{area}(B_{al,j}^* \cap g)} \right], \quad (6)$$

$$B_{al,n_{al}} \cap R_{3,n_3} = B_{al,n_{al}}^*, \quad B_{al,n_{al}}^* \cap g = B_{al,n_{al}}^{**}, \quad \sum_j^m \text{area}(B_{al,j}^* \cap g) = B_{al,n_{al}}^*, \quad (7)$$

$$B_{al,n_{al}}^{**} \cap \delta \neq \phi, \quad B_{al,n_{al}}^{**} \in B_{al,n_{al}}^*, \quad B_{al,n_{al}}^* \in B_{al,n_{al}}$$

де $F(R_{3,n_3})$ – статистичні дані щодо обсягів спожитих азотних добрив в гміні R_{3,n_3} ; $\text{area}(s)$ – площа об’єкта s ; i – кількість ділянок орних земель, які перетинають гміну R_{3,n_3} ; j – кількість ділянок орних земель після розрізання сіткою, які перетинають поле $B_{al,n_{al}}^*$.

У наведеній формулі використано співвідношення: $A \cap B = C$ – географічний об’єкт C є спільною територією (перетином) об’єктів A та B , причому $C \neq \phi$, якщо об’єкти A та B мають хоча б одну спільну точку на межі.

Беручи до уваги отриманий вище розподіл азотних добрив, процесам емісії закису азоту від внесення цих добрив у орні землі на рівні елементарних ділянок поставлено у відповідність математичну модель:

$$E_{SN}^{N_2O}(\delta) = \frac{44}{28} \cdot (1 - K_{GASF}) \cdot K_{SN}^{N_2O}(\delta) \times \sum_{B_{al,n_{al}}^{**} \in B_{al}^{**}} \left[\frac{F(R_{3,n_3}) \cdot \text{area}(B_{al,n_{al}} \cap R_{3,n_3})}{\sum_i^n \text{area}(B_{ali} \cap R_{3,n_3})} \right] \cdot \left[\frac{\text{area}(B_{al,n_{al}}^* \cap g)}{\sum_j^m \text{area}(B_{al,j}^* \cap g)} \right], \quad (8)$$

Моделювання емісій закису азоту від внесення в орні землі осаду стічних вод, гною, рослинних залишків та від вирощування азот-фіксуєчих культур відбувається за тим самим принципом, що й для азотних добрив.

Геоінформаційна технологія

Просторовий підхід до інвентаризації парникових газів полягає у поділі досліджуваної території на елементарні ділянки та почерговому оцінюванні емісій для кожної з них з використанням розроблених математичних моделей. Для реалізації цього підходу створено спеціалізовану геоінформаційну систему, що використовує статистичні дані щодо результатів сільськогосподарської діяльності, цифрову карту гмін та карту землекористування.

Уся інформація зберігається у вигляді георозподілених баз даних, що містять прив’язку до географічних об’єктів – гмін Польщі.

Розроблена технологія дає можливість будувати цифрові карти емісій парникових газів та здійснювати їх просторовий аналіз.

При цьому кожній категорії джерел емісії в сільськогосподарському секторі відповідає окремий шар цифрової карти.

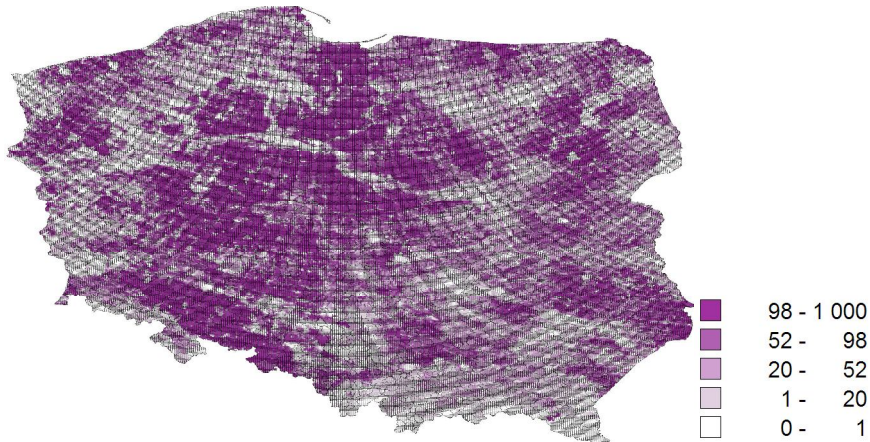


Рисунок 1 – Питомі емісії закису азоту від внесення азотних добрив у орні землі на рівні елементарних ділянок 2 км×2 км (кг/км², 2010 р.)

Кадастр емісії закису азоту від категорії «Прямі емісії від сільськогосподарських ґрунтів»

З використанням розробленої геоінформаційної технології для кожної елементарної ділянки в межах гмін Польщі оцінено емісії закису азоту від внесення азотних добрив в орні землі на основі дезагредованих значень цих добрив (6) та відповідних коефіцієнтів емісії, наведених в [3].

Результати інвентаризації представлено у вигляді шару цифрової карти, який відображає питомі емісії цього газу (рис. 1).

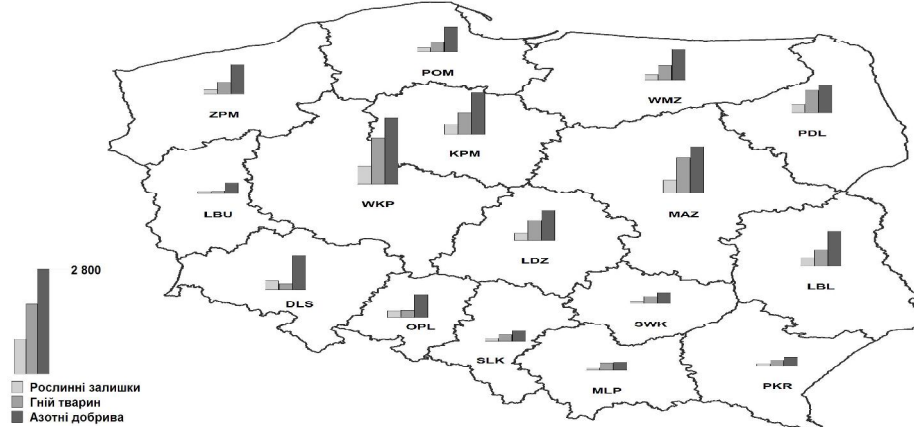


Рисунок 2 – Структура емісій закису азоту в трьох основних категоріях джерел прямих емісій від сільськогосподарських ґрунтів на рівні воєводств (тонни, 2010 р.)

У результаті числових експериментів також отримано оцінки емісій закису азоту від решти підкатегорій (осаду стічних вод; гною тварин та птиці; рослинних залишків, від вирощування бобових культур) на рівні елементарних ділянок розміром 2 км х 2 км. Як приклад, на рис. 2 проілюстровано розподіли емісій закису азоту в трьох найвпли-

вовіших категоріях джерел емісії на рівні воєводств Польщі. Рис. 3 відображає структуру емісій закису азоту в решти двох категоріях, що характеризуються значно меншими викидами парникових газів. Результати просторового аналізу сумарних емісій в CO₂-еквіваленті поданому на рис. 4.

Висновки

Розроблені математичні моделі та геоінформаційна технологія їх реалізації дають можливість здійснити просторову інвентаризацію прямих емісій закису азоту (N₂O) від сільськогосподарських ґрунтів для кожного елементарного об'єкта в межах гмін Польщі.

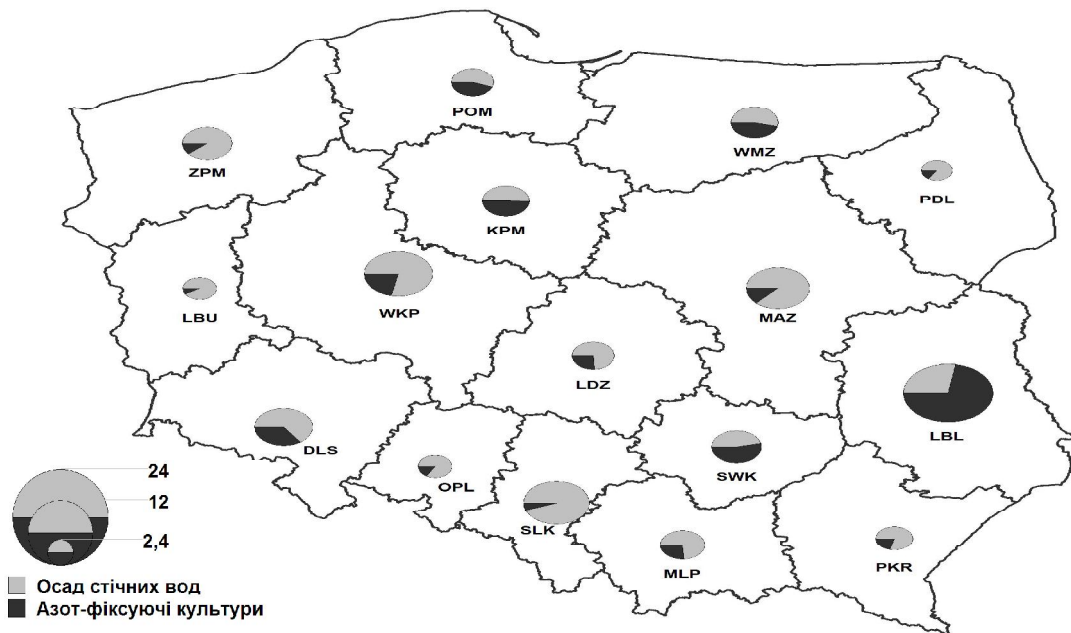


Рисунок 3 – Розподіл емісій закису азоту по категоріях «Внесення органічних добрив» та «Біологічна фіксація азоту» на рівні воєводств (тонни, 2010 р.)

Ці моделі відображають емісійні процеси від стаціонарних (нерухомих) площинних джерел – орних земель, на яких відбувається вирощування сільськогосподарських культур (зернових, коренеплодів, бобових тощо), а також ті, які удобрюються осадом стічних вод, азотними добривами, гноєм тварин. Математичні моделі залежать від статистичних даних та специфічних національних коефіцієнтів емісії. За допомогою засобів геоінформаційної системи на основі цифрової карти гмін Польщі та карти землекористування сформовано множину елементарних об'єктів та множину ділянок орних земель, відповідно.

У результаті числових експериментів отримано оцінки емісій закису азоту для кожної категорії на рівні елементарних ділянок 2 км×2 км для Польщі. Результати просторової інвентаризації парникових газів від внесення азотних добрив представлено на рис. 1. Побудовано цифрові карти емісій закису азоту від внесення азотних добрив, гною тварин та рослинних залишків у орні землі на рівні воєводств Польщі (рис. 2) та від вирощування азот-фіксуючих культур та внесення осаду стічних вод для цих воєводств (рис. 3). Як свідчать результати аналізу (рис. 2 та рис. 3), найбільше емісій закису азоту зо-

середжено в Великопольському воєводстві (5375,5 тон), Мазовецькому (3992,4) та Куявсько-Поморському (3017,5).

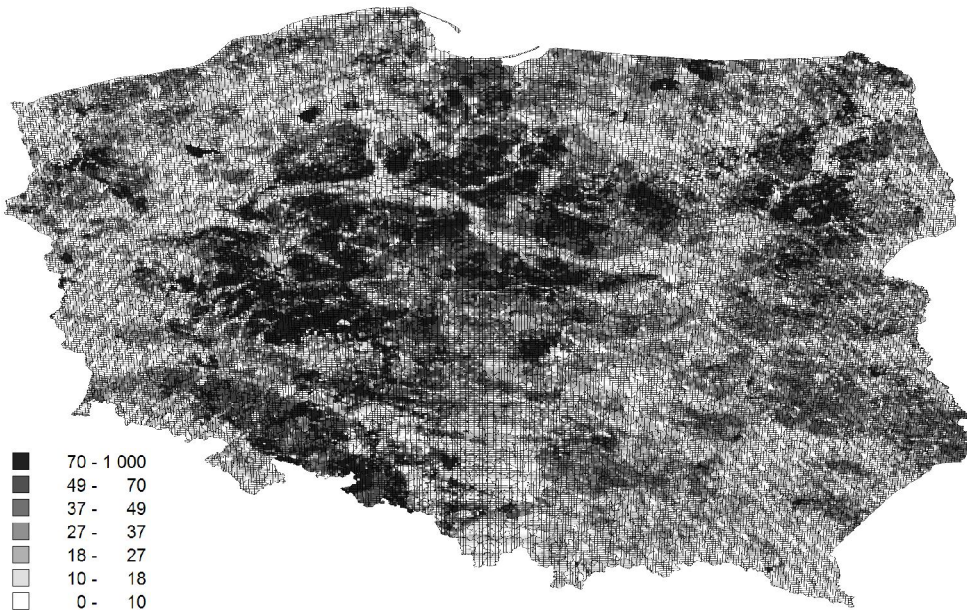


Рисунок 4 – Сумарні прями емісії (в CO₂-еквіваленті) від внесення різних добрив у орні землі Польщі на рівні елементарних ділянок 2 км×2 км (кг/км², 2010 р.)

На рис. 4 відображено структуру питомих емісій в CO₂-еквіваленті від застосування різних добрив на орних землях та вирощування сільськогосподарських культур. Аналіз отриманих результатів свідчить, що територіальний розподіл джерел емісій є вкрай нерівномірний. Результати інвентаризації, представлені у вигляді просторових кадастрів, є вкрай важливими для владних структур при прийнятті стратегічних рішень щодо шляхів скорочення емісій парникових газів на відповідних територіях. Здійснено порівняльний аналіз отриманих результатів з тими, що їх подано на рівні країни у звіті [3]. Роботи виконано в рамках проекту 7FP Marie Curie Actions IRSES project № 247645.

Література

1. Чарковська Н.В. Моделивання та просторовий аналіз емісійних процесів від внесення гною у сільськогосподарські ґрунти / Н.В. Чарковська // Матеріали III-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології в економіці, менеджменті та освіті». – Львів : Львівська філія ПВНЗ «Європейський університет», 2012. – С. 84-89.
2. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories / [H.S.Eggleston, L.Buendia, K.Miwa eds.] // IPCC : Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan. – 2006. – 5 vol.
3. Poland's National Inventory report 2012: Greenhouse Gas Inventory for 1988 – 2010 // National Centre for Emission Management at the Institute of Environmental Protection. National Research Institute, Warszawa. – May 2012.
4. Agricultural census 2010. Farms using mineral fertilizers and lime [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.stat.gov.pl/bdlen/>
5. Environmental protection. Municipal wastewater treatment plants. Sewage sludge generated during the year [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.stat.gov.pl/bdlen/>
6. Agricultural census 2002. Sown area by agricultural holding type [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.stat.gov.pl/bdlen/>
7. Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2011 r. – Główny Urząd Statystyczny [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.stat.gov.pl/gus/5840_1582_PLK_HTML.htm

Literatura

1. Charkovska N.V. Modeling and spatial analysis of the emission processes from animal manure applied to agricultural soils // Materials of 3rd Ukrainian scientific-practical conference «Modern information technologies in economics, management and education». – Lviv: Lviv branch PVNZ «European University», 2012. – С. 84-89
2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories / H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, eds., IPCC, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan, 2006, 5 volumes.
3. Poland's National Inventory report 2012: Greenhouse Gas Inventory for 1988 – 2010. National Centre for Emission Management at the Institute of Environmental Protection. National Research Institute, Warszawa, May 2012
4. Agricultural census 2010. Farms using mineral fertilizers and lime. – Available online at: <http://www.stat.gov.pl/bdlen/>
5. Environmental protection. Municipal wastewater treatment plants. Sewage sludge generated during the year. – Available online at: <http://www.stat.gov.pl/bdlen/>
6. Agricultural census 2002. Sown area by agricultural holding type. – Available online at: <http://www.stat.gov.pl/bdlen/>
7. Production of agricultural and horticultural crops in 2011. – Central Statistical Office. – Available online at: http://www.stat.gov.pl/gus/5840_1582_PLK_HTML.htm

RESUME

N.V. Charkovska, R.A. Bun

Geoinformation Technology of Modeling and Spatial Analysis of Direct Emissions of Nitrous Oxide from Agricultural Soils

In given article main categories of GHG direct emission sources from agricultural soils are considered, that are large area-type emission sources. For assessing the value of emissions in each category the respective mathematical models of emission processes have been developed.

Using the tools of geoinformation system the set of elementary areas within the gminas of Poland has been formed. Specialized geoinformation technology use statistical data on the results of agricultural activity and digital maps of Poland.

Created geoinformation technology gives the possibility to implement the developed mathematical models and carry out the GHG spatial inventory. In the results of numerical experiments the estimates of nitrous oxide emission at the elementary areas and at the voivodeships in general have been obtained.

The results of GHG spatial inventory are presented as the layers of digital maps, that represent specific emissions of these gases, and can be used by authorities in the planning of the environmental development of the individual regions and the reduction of greenhouse gas emissions in the respective territories.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2013.