

Для першого шару (підведення теплоти безпосередньо від ІЧ джерела)

$$dT / dt = k_1 \cdot (T_{ук} - T_1) + k_2 \cdot (T_2 - T_1) + k_3 \cdot (T_0 - T_1). \quad (29)$$

При цьому зміну температури в  $i$ -му і  $n$ -му шарі можна описати відповідно такими рівняннями:

$$\begin{aligned} dT_i / dt &= k_2 \cdot (T_{i+1} - T_i) + k_2 \cdot (T_{i-1} - T_i); \\ dT_n / dt &= k_2 \cdot (T_{n+1} - T_n). \end{aligned} \quad (30)$$

### Висновки

Як уже зазначалося, завдання розрахунку переміщення теплоти в зерновій масі при сушінні зерна з використанням ІЧ джерела випромінювання, є одним з необхідних етапів. Математична модель при автоматизації процесу сушіння зерна надає можливість вибрати найоптимальнішу температуру з метою отримання якіснішого продукту на виході, як при односторонньому, так і двосторонньому підведенні теплоти, а також у різних умовах, що змінюються.

1. Борхерт Р., Юбиц В. *Техника инфракрасного нагрева*. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 278 с.
2. *Справочник по теплообменникам: В 2-х томах. Пер. с англ. / Под ред. Б.С. Петухова*. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 560 с.
3. Атаназевич В.И. *Сушка зерна*. – М.: Лабиринт, 1997. – 256 с.
4. Цугленок Н.В. *Теоретические основы интенсификации процесса сушки зерна // Аграрная наука на рубеже веков: Материалы Всероссийской научн.-практ. конф. // Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – С. 134–135.*
5. Атаназевич В.И. *Сушка зерна*. – М.: Лабиринт, 1997. – 256 с.

УДК 004.942:519.876.5

О. Токар<sup>1</sup>, Л. Кужій<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет “Львівська політехніка”,

<sup>2</sup>Львівський коледж Державного університету  
інформаційно-комунікаційних технологій

## ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У ЛІСОВОМУ СЕКТОРІ ЗА ТЕРИТОРІАЛЬНИМ ПІДХОДОМ

© Токар О., Кужій Л., 2010

Представлено інформаційну систему розподіленої інвентаризації парникових газів. Описано алгоритм розподіленої інвентаризації та розроблено структурну схему програмного модуля для лісового сектора. Розглянуто приклади інвентаризації парникових газів в секторі “Лісове господарство”, розподіленої за територіальним підходом з використанням баз даних Microsoft Access та методології IPCC.

An information system for distributed inventory of greenhouse gases in forestry sector is developed. A structure of an algorithm, which describes the distributed inventory is present. A scheme for programme realisation of the proposed methodology in forestry sector for implementation in Microsoft Access using IPCC methodology is developed.

### Вступ

Діяльність людини призвела до зростання викидів парникових газів (ПГ) в атмосферу, які впливають на екологічний стан навколишнього середовища [1], зокрема спричиняють зміну клімату. Відзначимо, що зміна клімату становить істотну загрозу не тільки екології, а й

економічному розвитку людства [2]. Значною мірою вирішенням цих проблем є Рамкова Конвенція ООН про зміну клімату та Кіотський протокол до Рамкової конвенції ООН [3], який встановлює зобов'язання на зниження викидів парникових газів для розвинених країн та країн з перехідною економікою.

Україна є активним учасником Кіотського протоколу [3]. Згідно з Протоколом, Україна на період з 2008 по 2012 роки має “заморозити” викиди парникових газів в атмосферу на рівні 1990 року. За ст.5 цього Протоколу в Україні необхідно створити національну систему для оцінювання атропогенних викидів і абсорбції поглиначами всіх парникових газів. Тому сьогодні актуальним є оцінювання емісії ПГ в атмосферу для різних секторів економіки.

### **Постановка проблеми та цілі статті**

Розроблені Міжнародною групою експертів зі зміни клімату (IPCC) методи обчислень емісій парникових газів є універсальними [4,5] і не враховують регіональних і галузевих особливостей країни.

Запропоновані багаторівневі моделі інвентаризації емісій/стоків ПГ (розподілені інвентаризації) [6] ґрунтуються на розподіленій оцінці викидів і враховують особливості окремих регіонів. Розподілена інвентаризація спрямована на одержання кількісних оцінок щодо викидів та поглинання парникових газів як за галузями, так і за окремими регіонами і детальніше відображає відмінності між екосистемами регіонів.

Оскільки ліс є потужним фактором зв'язування та збереження вуглекислого газу в деревині [2], то ефективне ведення лісового господарства дасть можливість послабити антропогенний вплив на атмосферу. Метою роботи є розроблення інформаційної системи розподіленої інвентаризації ПГ у лісовому господарстві. Необхідно отримати оцінку викидів/поглинання парникових газів у лісовому секторі відповідно до методик IPCC, для елементарних ділянок території. Оскільки розподілена модель інвентаризації пов'язана з великим обсягом вхідної інформації, обчисленням оцінок викидів/поглинання парникових газів багатьох територіальних ділянок та відображенням результатів обчислень, то без створення інформаційних систем з використанням баз даних та геоінформаційних технологій неможливий ефективний облік викидів ПГ в атмосферу.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Традиційна інвентаризація парникових газів, як вимагає Рамкова Конвенція ООН з питань зміни клімату, проводиться для країни загалом згідно з методиками IPCC [4, 5]. Ці методики знаходяться на різних ступенях верифікації, і їх використання призводить до виникнення різноманітних невизначеностей та істотних похибок. IPCC також запропонувала програмне забезпечення з використанням Microsoft Excel [7] для реалізації своїх методик у необхідному форматі.

До появи методики IPCC 1997 в Європі використовувалась інша методологія інвентаризації емісій – CORINAIR (CORINAIR 1994). Методики CORINAIR та IPCC 1997 були узгоджені між собою. Особливістю методик CORINAIR є вимога до розбиття та просторового розподілу емісій на рівні координатної сітки 50x50км.

Сьогодні в Європі приділяється належна увага розробленню систем національних інвентаризацій, які дають змогу готувати інвентаризаційні звіти згідно з вимогами IPCC [5] та CORINAIR [8]. Серед них можна виділити системи інвентаризацій Великобританії [9] та Німеччини [10]. Ці системи ґрунтуються на геоінформаційних технологіях, які використовуються для інтерпретації результатів.

У США проведенням національних інвентаризацій емісій займається Агентство з охорони навколишнього середовища (U.S. EPA) [11]. Інвентаризацію здійснюють за методиками IPCC згідно з вимогами EIP (Emission Inventory Improvement Program). Зазначимо, що EPA розраховує викиди парникових газів для різних промислових секторів і категорій джерел, а також проводить інвентаризацію на рівні окремого штату. Ним створене Керівництво та відповідне програмне забезпечення, яке використовує результати викидів за секторами економіки для оцінювання емісій парникових газів на рівні штатів США. Такий підхід може бути застосований для України для

проведення інвентаризацій на рівні областей за наявності відповідних національних статистичних даних.

Розбиття на територіальні одиниці, просторовий розподіл емісій парникових газів і створення на цій основі електронних карт реалізовано в проекті CARBOEUROPE - GHG (синтез бюджету ПГ Європи). Він полягає у тому, що вже відомі значення емісій ПГ антропогенного походження розподіляються на ділянки конкретного розміру [12].

В Україні було підготовлено п'ять звітів про результати інвентаризації парникових газів відповідно до зобов'язань України за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату. Друге національне повідомлення [13] розроблено під керівництвом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України за участі ряду міністерств, відомств, установ і організацій. Результати останньої інвентаризації парникових газів були підготовлені Українським науково-дослідним гідрометеорологічним інститутом. Відзначимо високий загальний рівень підготовки кадастру викидів та поглинання парникових газів, який здійснили експерти для всієї країни.

Отже, актуальним є завдання розроблення інформаційної системи інвентаризації парникових газів, яка б враховувала особливості національних статистичних даних і створювала на цій основі електронні карти.

### Суть запропонованого підходу

Інформаційна система розподіленої інвентаризації парникових газів є складною системою, яка містить бази даних з структурою логічно взаємозв'язаних між собою вхідних, проміжних та вихідних таблиць, програмне забезпечення методології IPCC та засоби для відображення вхідних даних і результатів інвентаризації на електронній карті України. Загальну структуру інформаційної технології розподіленої інвентаризації парникових газів [6] на рівні програмного забезпечення подано на рис. 1.

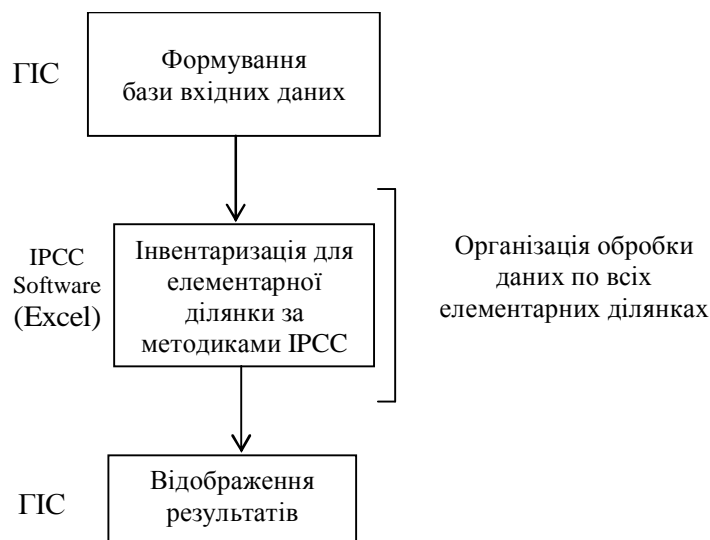


Рис. 1. Загальна структура інформаційної технології

Взаємозв'язок та реалізацію програмного заповнення таблиць різного типу і зчитування з них результатів інвентаризації здійснюють з використанням системи програмування Microsoft Visual Basic [14]. За допомогою інформаційної технології створюється база даних оцінок емісій парникових газів та забезпечується їх графічна інтерпретація.

При створенні інформаційної технології інвентаризації парникових газів як складову частину відповідного програмного забезпечення використовуємо методики IPCC [4, 5] у вигляді Microsoft Excel програми з відповідними Excel-таблицями. Це дає можливість здійснювати за міжнародно узгодженими методиками інвентаризацію на трьох рівнях (на рівні держави, областей та на рівні елементарних ділянок) з врахуванням усіх секторів людської діяльності. Логічну структуру Excel-

таблиць подано на рис. 2. На вершині цієї ієрархічної структури є секторальні звіти, тобто звіти, що містять результати інвентаризації парникових газів за всіма секторами методик. На нижньому рівні знаходяться сектори. Кожний сектор складається з певної кількості робочих аркушів. Кожний робочий аркуш займає одну або декілька Excel-таблиць. Нижче подано робочі аркуші сектора “Зміни в землекористуванні і лісове господарство”:

- РЛ 5-1. Зміни в лісах та інших резервуарах деревної біомаси;
- РЛ 5-2. Конверсія лісових і лугових угідь – CO<sub>2</sub> із біомаси;
- РЛ 5-3. Спалювання лісової біомаси на місці – емісії парникових газів відмінних від CO<sub>2</sub>;
- РЛ 5-4. Виведення земель із експлуатації;
- РЛ 5-5. Зміни вмісту вуглецю у мінералізованих ґрунтах, емісії вуглецю з інтенсивно експлуатованих органічних ґрунтів, емісії вуглецю від вапнування сільськогосподарських ґрунтів;
- РЛ 5-5А. Вуглець ґрунтів, що зазнали сільськогосподарського обробітку.

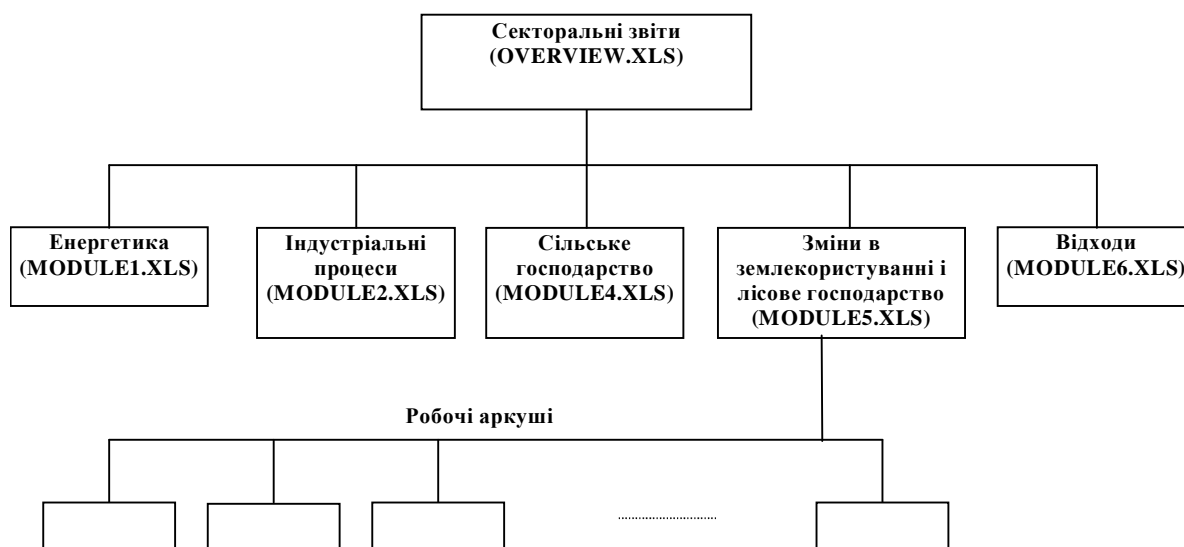


Рис. 2. Структура Excel-таблиць методик IPCC

Інвентаризація ПГ здійснюється за методиками IPCC [4] послідовно для всіх елементарних ділянок вибраної моделі. Обчислення викидів вуглецю при веденні лісового господарства ґрунтуються на даних про площу лісів, щорічний приріст фітомаси в лісах чи будь-яких інших значущих резервуарах фітомаси, а також на даних про комерційну заготівлю деревини. Відповідно формується бази вхідних даних та даних, які відповідають результатам розподіленої інвентаризації.

Інформаційна технологія інвентаризації викидів парникових газів містить базу даних GHGInvNNNN.mdb Microsoft Access, яка складається із сукупності таблиць трьох типів: таблиць із вхідною інформацією для методик IPCC, таблиць з довідковою та службовою інформацією і таблиць з результатами інвентаризації. Вхідні таблиці слугують для введення статистичних даних за розподіленими підходами. Довідкові таблиці містять параметри, за допомогою яких обчислюють емісії/стоки парникових газів від різних джерел та процесів господарської діяльності. Результати інвентаризації записуються у вихідні таблиці [15]. Взаємозв'язок між таблицями бази даних показано на рис. 3.

Структурну схему алгоритму розподіленої інвентаризації парникових газів [16] зображено на рис. 4 для лісового сектора. Розподілена інвентаризація, яка проводиться з використанням методології IPCC, вимагає багаторазового заповнення Excel-таблиць вхідними даними, що знаходяться в базі даних GHGInvNNNN.mdb. За допомогою програмних засобів дані з вхідних Access-таблиць переписуються у відповідні Excel-таблиці.

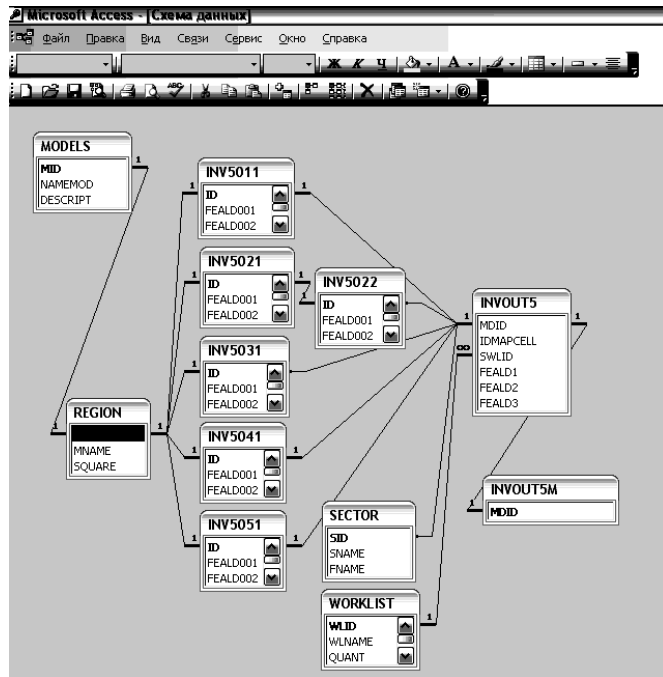


Рис. 3. Взаємозв'язок між таблицями бази даних

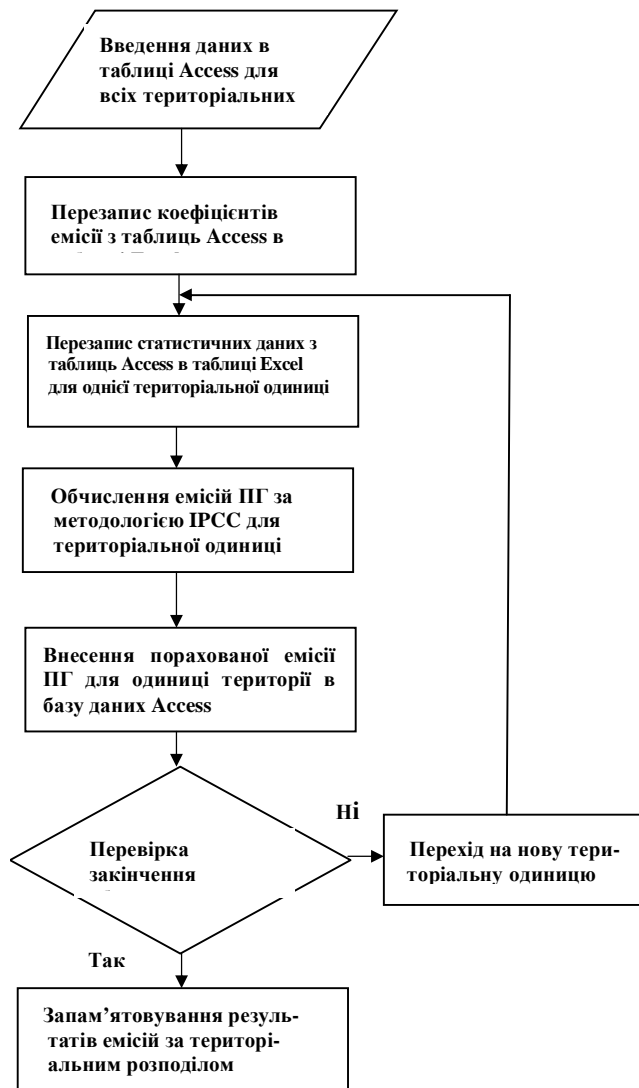


Рис. 4. Структурна схема алгоритму розподіленої інвентаризації парникових газів у лісовому секторі

Інвентаризація парникових газів для елементарної ділянки здійснюється за допомогою програмного забезпечення методології IPCC [7] на основі заповнених Excel-таблиць. У процесі роботи програми результати записуються у вихідних таблицях Excel, з яких після закінчення інвентаризації елементарної одиниці запам'ятовуються у вихідній таблиці Access для зберігання і подальшої обробки.

Структурну схему програмного модуля для обчислення розподіленої інвентаризації парникових газів в лісовому секторі показано на рис. 5.

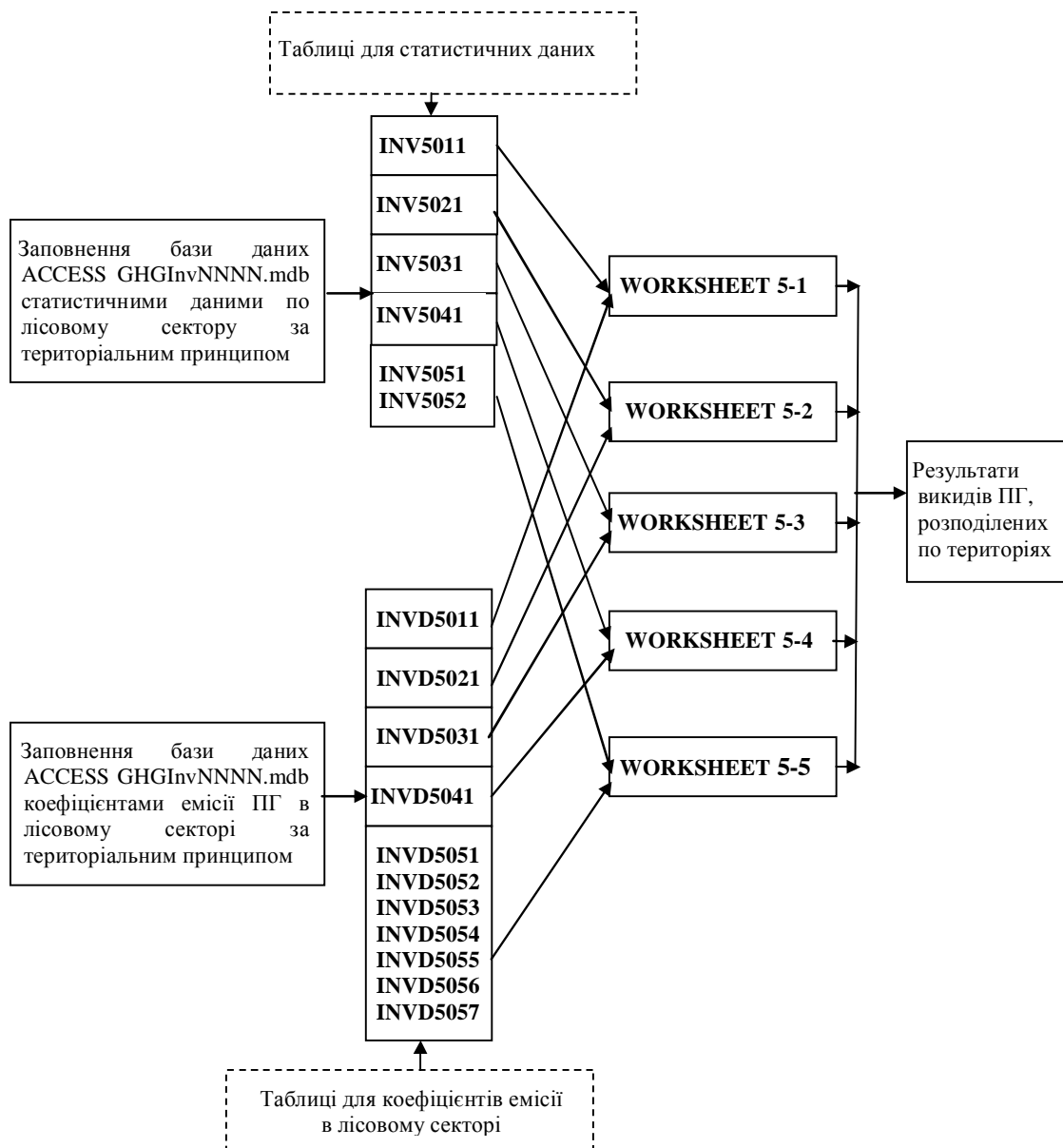


Рис. 5. Структурна схема програмного модуля для обчислення розподіленої інвентаризації в секторі "Лісове господарство"

За методиками IPCC, інвентаризація в лісовому секторі проводиться за п'ятьма робочими аркушами, яким відповідають Excel-таблиці (WORKSHEET 5-1 – WORKSHEET 5-5). У базі даних GHGInvNNNN.mdb кожному робочому аркушу відповідає одна або декілька таблиць INV5ij для введення статистичних даних і одна або декілька таблиць INVD5ij для введення параметрів емісії, де i – номер аркуша, а j – номер таблиці в аркуші (залежно від кількості вхідних даних). У таблиці заносяться вхідні дані відповідно до вибраної моделі інвентаризації. На рис. 6 показано меню для вибору робочого аркуша, який заповнюється вхідними даними.



Рис. 6. Вибір робочого аркуша для заповнення

За допомогою програми заповнюються Excel-таблиці для кожної територіальної одиниці з таблиць бази даних GHGInvNNNN.mdb. Одній територіальній одиниці відповідає один запис в базі даних. За допомогою методології IPCC обчислюються викиди парникових газів для одиниці площі. Одержані результати переписуються в відповідний запис вихідної таблиці бази даних Access для кожної територіальної одиниці.

### Результати

Розроблену інформаційну систему можна ефективно використати для розподіленої інвентаризації парникових газів. Використовуючи створене програмне забезпечення, оцінюємо сток/емісію парникових газів у лісовому секторі, розподілену по областях України.

За допомогою розробленого програмного забезпечення обчислено стік вуглецю в лісі основних регіонів України. У таблиці подано оцінки стоку вуглецю в лісі та інші значущі резервуари деревної біомаси за областями із застосуванням даних та коефіцієнтів, рекомендованих методологією IPCC [4], вченими України [2, 17], а також уточнену оцінку. Обчислення здійснювали на основі статистичних даних [18–20]. Зауважимо, що з використанням коефіцієнтів, рекомендованих українськими вченими, отримано на 5–7 % менший об'єм поглинутого на рік вуглецю для всієї країни, ніж за обчисленнями, проведеними з використанням коефіцієнтів методик IPCC.

### Поглинання вуглецю лісами та іншими резервуарами деревної біомаси в Україні у 2000 р.

Область	Стік вуглецю, тис. т С		
	IPCC	UKR	Уточнений
1	2	3	4
Волинська	1313,13	1255,40	1419,06
Львівська	1082,47	1020,45	1398,83
Закарпатська	1418,95	1334,72	1941,18
Івано-Франківська	838,79	794,36	755,81
Одеська	497,30	466,92	405,68
Тернопільська	377,12	352,79	353,04
Житомирська	1302,11	1220,84	1014,29
Київська	912,70	862,02	1239,49
Вінницька	790,15	738,14	1059,32
Республіка Крим	622,38	584,47	84,89
Херсонська	220,07	207,50	303,13
Дніпропетровська	477,95	452,62	596,31
Луганська	674,88	636,51	668,57

Продовження таблиці

1	2	3	4
Чернігівська	1549,34	1480,72	1719,91
Рівненська	1339,28	1280,52	1496,88
Полтавська	519,37	487,28	754,99
Черкаська	719,21	677,12	920,38
Миколаївська	256,34	241,22	377,78
Сумська	658,77	612,84	641,07
Запорізька	323,97	304,37	376,14
Кіровоградська	402,11	377,04	416,84
Чернівецька	392,83	367,43	551,18
Хмельницька	544,49	509,54	691,48
Харківська	893,09	842,21	1018,85
Донецька	463,42	437,03	550,82
<b>Україна</b>	<b>18590,22</b>	<b>17544,06</b>	<b>20755,92</b>

Отримані дані наочно ілюструють внесок кожної області України в сумарний стік вуглецю в ліси. Аналіз одержаних результатів демонструє структуру розподілу величин поглинання вуглецю лісами України за областями. Слід зауважити, що найбільший стік вуглецю відбувається в Українських Карпатах та зоні мішаних лісів, а найменший – у степу та найбільш неблагополучних за викидами шкідливих речовин регіонах.

Розподілена інвентаризація спрямована на одержання оцінок емісії/стоку вуглецю в окремих регіонах країни. Багаторівневий облік поглинання/викидів парникових газів наочно демонструє внесок окремого регіону в загальне джерело емісії чи стоку, показує відмінності в економічній діяльності регіонів і дає змогу виявляти екологічно чисті та найбільш забруднені ділянки території. Одержані розподілені оцінки поглинання/викидів ПГ дають можливість планувати заходи щодо зниження викидів парникових газів в тих місцях, де вони найбільші.

Створена інформаційна система розподіленої інвентаризації парникових газів має важливе значення для обліку емісії/стоку в країнах, великих за площею, в яких джерела та поглиначі ПГ розміщені нерівномірно. Результати інвентаризації, отримані за допомогою створеної інформаційної технології, інтегровано відображають реальну ситуацію щодо емісії/стоку парникових газів на регіональному рівні, наочно демонструють загрозливі тенденції в одних областях та невикористані можливості в інших.

### Висновок

Наведено інформаційну систему інвентаризації парникових газів у лісовому секторі на рівні територіальних одиниць та описано особливості її практичної реалізації за допомогою розробленого програмного забезпечення. На прикладі областей України продемонстровано доцільність проведення розподіленої інвентаризації. Запропонована технологія зручна у використанні, ефективна і дає точніші результати, бо ґрунтується на національних даних і коефіцієнтах. Наукова новизна запропонованого підходу полягає в розробленні розподіленої структури інформаційної системи для інвентаризації парникових газів у лісовому секторі. Практична цінність результатів полягає у тому, що створене програмне забезпечення можна використати для будь-яких елементарних ділянок, а отримані кадастри викидів можуть бути використані владними структурами для планування природоохоронних заходів, спрямованих на зниження викидів парникових газів у місцях їх максимального нагромадження.

*1. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A. et al. Climate change 1995: The science of climate change – Cambridge University Press, UK, 1996. – 572 p. 2. Н.П. Іваненко, М.М. Калетник, М.А. Козелькевич та ін. Україна та глобальний парниковий ефект. Частина I. Джерела і поглиначі*



парникових газів.- Київ, 1997.- 96 с. 3. UNFCCC. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Document FCCC/CP/1997/L.7/Add.1, 10 December 1997. 4. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reporting Instructions, The Workbook, Reference manual.- Vol. 1-3.- IPCC, 1997. 5. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reporting instructions.- IPCC, 2006. 6. Р.А.Бунь, М.І.Гусмі, В.С.Дачук та ін. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України.- Львів: УАД, 2004.- 376с. 7. The IPCC Software for Estimating Greenhouse Gas Emissions. IPCC Version 1.1, 2006. 8. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007 - EEA. 9 Website for the UKs National Atmospheric Emissions Inventory: <http://www.naei.org.uk/> 10. Doring U.M. et al. The System of the German Emission Inventory, <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei11/datamgt/doring.pdf>. 11. Choate A. et al. State-of-the-Art Greenhouse Gas Emission Inventory Guidance and Tools, <http://www.epa.gov/ttn/chief/conference/ei12/green/choate.pdf>. 12. Reis S. et al. Temporal and Spatial resolution of Greenhouse Gas Emissions in Europe / Dolman A. J. et.al "The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe".- Springer, The Netherlands, 2008, pp.73-90. 13. Друге національне повідомлення України з питань зміни клімату.- Київ "Інтерпрес ЛТД", 2006.- 80с. 14. Гандерлой М. ADO u Visual Basic.- Києв: "ВЕК". – К.: "BookStar"- Москва: "Ентроп", 2001. – 332 с. 15. Кужій Л.І., Олексів Б.Я. Оцінки викидів парникових газів на основі розподіленої інвентаризації" // Праці II Міжнар. конгресу "Інформатизація рекреаційної та туристичної діяльності: перспективи культурної та туристичної діяльності", Трускавець, 2003. – С. 180–184. 16. Токар О., Кужій Л. Інформаційна технологія розподіленої інвентаризації парникових газів у лісовому господарстві // Праці Міжнар. конференції CSIT'2009. – Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2009. – С.160–164. 17. Лакида П.І. Фітомаса лісів України. Монографія. – Тернопіль: Збруч, 2001. – 256 с. 18. Короткий довідник по лісовому фонду України. – К.: Державний комітет лісового господарства України, 1998. – 101 с. 19. Довкілля України: Статистичний збірник / Державний комітет статистики України. – К., 2001. – 111 с. 20. Статистичний щорічник України за 2000 рік / Держкомстат України. – К.: Техніка, 2001. – 599 с.

УДК 004.827

Є. Гнатчук

Хмельницький національний університет

## КРИТЕРІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БАЗ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ

© Гнатчук Є., 2010

**Розглянуто критерії забезпечення якості, надійності та ефективності використання баз знань інтелектуальних систем діагностування, що містять нечіткі продукційні правила, причини виникнення інтервалів невизначеності. Наведено приклад логічного висновку з урахуванням діагностичної інформації, що дає змогу усунути наявні інтервали невизначеності.**

**In the article the criteria of quality, reliability and efficiency of knowledge bases of intelligent systems for diagnosis, with a membership of fuzzy productive rule causes uncertainty intervals, is an example of logical conclusion with regard to diagnostic information that allows to remove the existing uncertainty intervals.**

### Постановка проблеми

Сьогодні компоненти штучного інтелекту, зокрема експертні системи діагностування, широко використовуються в технічній діагностиці. Це зумовлено можливістю розв'язання цими системами неформалізованих та важкоформалізованих задач.