

ЕКОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЧНА КІБЕРНЕТИКА ТА ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

004.94+630

О. В. Турковська^{1, 2}
М. І. Густі^{1, 2}**АДАПТАЦІЯ ГЛОБАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ
ЛІСУ G4M ДЛЯ УКРАЇНИ**¹ Національний університет «Львівська політехніка»;² Міжнародний інститут прикладного системного аналізу, Лаксенбург, Австрія

Представлено один з можливих інструментів, який можна використати для підготовки зобов'язань у секторі землекористування, зміни землекористування та лісового господарства України у рамках посткіотської угоди. Глобальна комп'ютерна модель лісу G4M реалістично відображає сектор землекористування, зміни землекористування та лісового господарства. Проте її застосування для України вимагає деяких удосконалень, а саме: деталізації вхідних даних, поліпшення алгоритму лісокористування та розробки сценаріїв, адаптованих до економічної ситуації в Україні.

Ключові слова: ЗЗЗЛГ, моделювання, G4M, посткіотська угода, адаптація моделі.

Вступ

Триває проміжний етап між Кіотським протоколом, який продовжено до 2020 року згідно з Дохійською поправкою, та новою кліматичною угодою, яку планують підписати у Парижі наприкінці 2015 року [1]. Дохійська поправка про другий період дії Кіотського протоколу (2013—2020 рр.) не знайшла належної підтримки серед держав і була ратифікована лише у 28 країнах станом на квітень 2015 року [1, 2].

На Конференції сторін Рамкової конвенції ООН з питань зміни клімату у Лімі країни-підписанти узгодили низку положень стосовно нової угоди та теперішніх заходів в рамках боротьби зі змінною клімату. Зокрема, країни повинні подати зобов'язання в рамках нової угоди, з даними про базовий рік викидів, терміни виконання планів, сектори економіки та газу, що враховуються [3, 2]. На сьогодні Україна ще не подала своїх зобов'язань стосовно майбутньої угоди, а також не ратифікувала Дохійську поправку до Кіотського протоколу. Варто зауважити, що експерти та неурядові екологічні організації вважають офіційну позицію України на кліматичних переговорах пасивною і такою, що не ставить за мету досягнути прогресу у вирішенні проблем зміни клімату [2]. Суть позиції України зводиться до того, щоби зобов'язавшись, мінімально скоротити викиди парникових газів (ПГ), отримати значну кількість квот на викиди ПГ, а також зберегти невикористані квоти з першого періоду дії Кіотського протоколу, що є фінансово вигідним. Також пасивна позиція держави на переговорах може свідчити про те, що зобов'язання розглядають лише як додатковий тягар для української економіки [2].

Чи дійсно кліматичні зобов'язання є тягарем? Яким чином можна зменшити тиск на економіку? Якими будуть наслідки впровадження тих чи інших заходів щодо адаптації та пом'якшення змін клімату? Для зваженої та обгрунтованої відповіді на ці запитання недостатньо лише експертної оцінки, необхідно використати інструменти, які комплексно оцінюють наслідки можливих заходів по зменшенню емісій ПГ та прогнозують їх вплив на досліджувану систему. Одним з таких інструментів для сектора «Землекористування, зміна землекористування та лісове господарство» (ЗЗЗЛГ) є глобальна модель лісу G4M [4], з'єднана з глобальною економічною моделлю біосфери GLOBIOM [5], які використовують для підтримки прийняття рішень щодо зменшення емісій ПГ на міждержавному рівні (наприклад, [6, 7, 8]). У G4M моделюються процеси зміни землекористування, росту лісу, лісокористування, але модель є глобальною, уніфікованою для використання переважно глобальних баз даних, процеси моделюються в масштабі достатньо точному для глобального рівня, але недостатньо точному для рівня країни. Також в моделі не достатньо представлено економічні механізми лісокористування.

Метою статті є аналіз структури G4M для знаходження напрямів адаптації моделі та її ефективного використання для підтримки прийняття природоохоронних рішень в Україні та позиції держави на міжнародних переговорах.

Особливості глобальної комп'ютерної моделі лісу G4M

G4M (Global Forest Model) — це глобальна географічно розподілена модель, що прогнозує темпи заліснення та знеліснення, режими лісокористування та емісії двоокису вуглецю, а також їх реакцію на заходи з адаптації та пом'якшення зміни клімату у вигляді податку на вуглець, чи заохочувальних виплат [4]. Модель використовується для оцінювання заходів по зменшенню емісій ПГ у рамках існуючих переговорів стосовно секторів сільського та лісового господарства й інших типів землекористування, у рамках заходів програми скорочення емісій внаслідок знеліснення та деградації лісів (REDD) та посткіотської кліматичної угоди [4].

Отже, у G4M змодельовано один з секторів інвентаризації емісій та поглинань ПГ в рамках Кіотського протоколу. Значну увагу в моделі приділено лісам, оскільки вони є великим резервуаром вуглецю, а зменшення площі лісів внаслідок зміни землекористування є основним джерелом емісій у секторі ЗЗЗЛГ. Варто звернути увагу, що в Україні сектор ЗЗЗЛГ протягом 1990—2012 рр. характеризується лише поглинаннями за рахунок того, що емісії внаслідок зміни землекористування є малими, хоча й простежується тенденція до їх зростання [9].

Особливість G4M полягає в тому, що вхідні дані, моделювання процесів, а також результати представлено на двох рівнях:

- елемент географічної сітки (растру);
- країна.

Географічний підхід полягає в тому, що на карту світу накладається географічна сітка з розміром елементів $0,5 \times 0,5^\circ$ (50×50 км), кожен елемент сітки містить інформацію про типи землекористування і їх площі, густоту населення та інші характеристики (рис. 1). Дані, які не потребують такого високого рівня деталізації, наприклад попит на деревину, вартість деревини та ін., представлено на рівні країни [4].

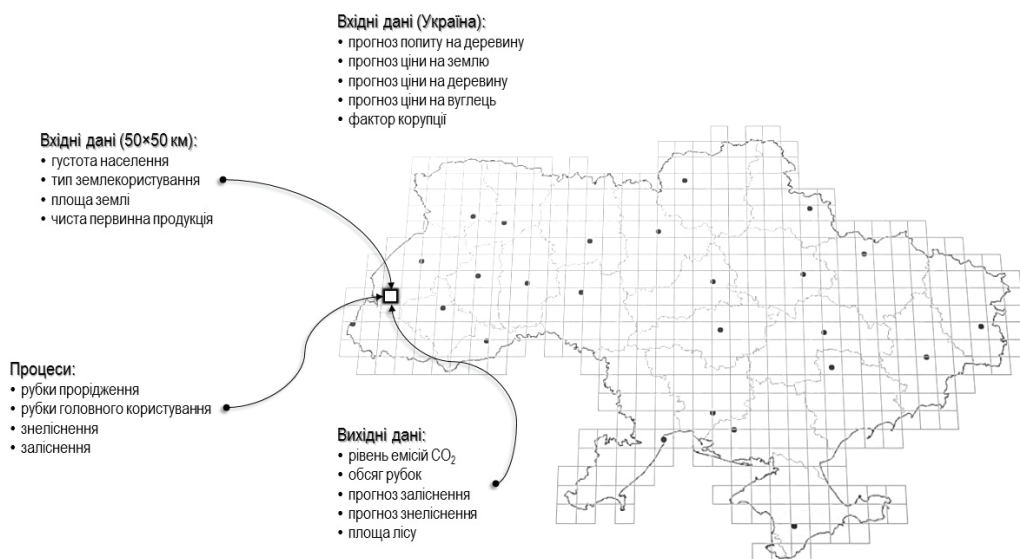


Рис. 1. Географічно розподілений підхід до моделювання лісокористування та зміни землекористування на прикладі України (На основі [4])

Кожний елемент сітки містить дані про тип землекористування (ліс, сільськогосподарські землі, забудови) та площу кожного з типів землекористування. Якщо ж у елементі сітки є ліс, то цей елемент сітки також містить дані про біофізичні характеристики лісу (рис. 2). Ліс у моделі може бути представлений трьома категоріями:

- захищений ліс (заповідники, заказники та інші природоохоронні зони);
- ліс, що не експлуатується (ліси важкодоступні, з низькою продуктивністю);
- експлуатаційні ліси.

Важливим компонентом G4M є моделювання динаміки лісу. Для цього в G4M застосовано функцію ходу росту Ассмана, яка на основі продуктивності ділянки та віку оцінює приріст запасу деревини. На основі прогнозу динаміки лісів відбувається моделювання лісокористування та зміни землекористування [10]. Крок моделювання в G4M можна встановлювати від 1 до 10 років, в залежності від потреб дослідження.

Моделювання лісокористування відбувається на рівні елемента сітки. Основною метою є задоволення попиту на деревину, при цьому сумарний обсяг вирубаного деревини може відрізнятись від заданого попиту на деревину в межах $\pm 1\%$. Відтворено два типи рубок: прорідження та головного користування [10].

Ключовим критерієм для проведення прорідження є повнота деревостану. У кожному елементі сітки, де присутній ліс, наявний запас деревини порівнюється з запасом деревини, передбаченим нормальними таблицями ходу росту для цього типу деревостану. Якщо наявний запас деревини є вищим, то різниця запасів вирубується [10].

Для моделювання рубок головного користування у елементі сітки важливими є такі критерії: вік рубки, продуктивність деревостану, площа лісу та кількість населення.

Для кожного елемента сітки, де присутній ліс, обчислюється вік рубки на основі функції ходу росту. Елементи сітки посортовано відповідно до продуктивності деревостану, біомаси, площі лісу та густоти населення. Це означає, що рубки головного користування будуть спершу проводитись у великих лісових масивах з найбільшою продуктивністю, які розташовані близько до населених пунктів. Знаючи вік рубки, в елементі сітки визначається обсяг деревини у деревостанах певного віку і старших. Цей обсяг деревини переходить в категорію вирубаного. Така процедура повторюється у всіх елементах сітки, де є ліс. Після цього обсяг «вирубаної» деревини підсумовується і порівнюється з попитом країни на деревину. Якщо обсяг деревини недостатній, то вік рубки поступово зменшується і процедура повторюється поки попит на деревину не буде задоволено. Якщо ж обсяг «вирубаної» деревини перевищує попит, тоді вік рубки поступово збільшується і процедура повторюється до тих пір, поки «вирубана» деревина і попит не вирівнюються. Коли вирівнювання буде досягнуто, обсяг рубок вважається остаточним і моделювання лісокористування завершується [4, 11].

Зміна землекористування моделюється між лісовими землями та землями сільськогосподарського призначення на рівні елемента сітки. Цей процес не моделюється для захищених лісів та для лісів, що знаходяться у важкодоступних місцях. У моделі оцінюється вигідність ведення лісогосподарської чи сільськогосподарської діяльності на ділянці землі за допомогою методу чистої поточної вартості (ЧПВ) [4, 11]. ЧПВ обчислюється для сільського та лісового господарства після чого вони порівнюються:

— якщо в елементі сітки, де є ліс, ЧПВ лісового господарства є нижчою, ніж ЧПВ сільського господарства, то ліс вирубується і на цій території тип землекористування змінюється на сільськогосподарські землі, тобто відбувається знеліснення;

— якщо в елементі сітки, де є сільськогосподарські землі або невизначені землі, ЧПВ лісового господарства є вищою ніж ЧПВ сільського господарства, то новий ліс насаджується на цій території, тобто відбувається заліснення;

— якщо в елементі сітки, де є ліс (сільськогосподарські землі або невизначені землі), ЧПВ лісового господарства (сільського господарства) є вищою ніж ЧПВ сільського господарства (лісового господарства), то зміни землекористування не відбувається [4].

Коли відбулися всі зміни, пов'язані з лісокористуванням та зміною землекористування, відбувається відповідне оновлення вхідних даних та обчислюються емісії та поглинання вуглецю за такими категоріями:

— знеліснення (біомаса, мертва органічна речовина, мінеральні ґрунти та болота);

— заліснення (біомаса, мертва органічна речовина, ґрунт);

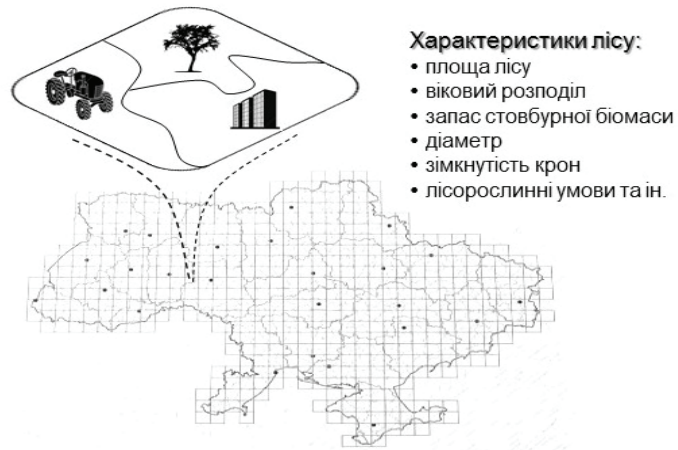


Рис. 2. Представлення лісу в окремому елементі сітки G4M (На основі [4])

— лісокористування (наземна та підземна біомаса).

Після цього відбувається наступний крок моделювання.

Важливим компонентом моделі є соціально-економічні сценарії, їх використовують для того щоб описати певні процеси в суспільстві та економіці, що можуть відбутися в майбутньому. В G4M такі сценарії використовуються для того щоб проаналізувати вплив майбутніх трансформацій в суспільстві чи економіці на сектор ЗЗЛГ. Також сценарії можуть описувати більш конкретно певні заходи чи рішення, які стосуються сектору ЗЗЛГ і за допомогою G4M проводять аналіз, як такі заходи чи рішення змінять досліджувану систему в майбутньому. Приклад застосування соціально-економічних сценаріїв у моделі G4M з урахуванням можливих управлінських рішень у енергетичному секторі України то аналіз їх впливу на лісогосподарський сектор наведено у [12].

Напрями адаптації G4M для України

Проаналізувавши G4M автори виділили три основні напрями адаптації для України:

- деталізація та локалізація даних;
- вдосконалення алгоритму лісокористування;
- адаптація сценаріїв.

G4M є глобальною моделлю, тобто вона опрацьовує дані зі всього світу, що вимагає потужного обчислювального ресурсу. Тому розмір елемента сітки становить 50×50 км. Кількість елементів сітки для України в G4M становить понад 200. Площа одного елемента 2500 км^2 . В Україні 15,9 % території покрито лісом [13]. У моделі відомо, яка площа лісу знаходиться в елементі сітки, але не відомо де конкретно в елементі сітки. Також у моделі усереднені параметри і переважаючі породи дерев для елементів сітки. Така неточність впливає на результати функції росту, оскільки місцезнаходження лісу впливає на його продуктивність. Збільшення точності карти дозволить краще ідентифікувати, де саме знаходиться ліс, породний склад та визначити параметри функції ходу росту. Для цього можна використати карту лісів України з роздільною здатністю 300×300 м [14]. Дана карта також містить інформацію про типи лісу, розподіляючи їх на хвойні, мішані та широколистяні. Ця карта є агрегованою на основі трьох картографічних продуктів, тому для кожної ділянки лісу вказана ймовірність її знаходження в даному квадраті [14]. Така деталізація карти є доволі високою, але оскільки в моделі використовують просторові дані не лише стосовно лісів і вони не є настільки деталізованими, то карту лісів доцільно агрегувати до масштабу 3×3 км, що забезпечить сумісність за масштабом з іншими наявними даними.

Ідея представлення лісокористування в G4M полягає в тому, що рубки відбуваються в найпродуктивніших лісах та з найбільшою густотою населення. Вважається, що проведення рубок в місцях з високою густотою населення, означає проведення їх в легкодоступних місцях. При цьому елементи сітки є відсортованими в порядку спадання цих параметрів [11].

Якщо розглянути ситуацію з точки зору власника лісу, то його метою є отримання максимального прибутку від використання лісу, при цьому забезпечивши споживачів лісоматеріалів достатньою кількістю деревини, а також використовувати свій ліс так щоб отримувати стабільний приріст біомаси і уникати порушення лісового законодавства. По суті, це проблема оптимізації, де метою є максимізація прибутку, а обмеженнями є попит на деревину, відтворення лісу та законодавство. В поточній версії моделі економічні механізми не є достатньо врахованими при моделюванні лісокористування і в G4M знаходять наближене до оптимального рішення, але не оптимальне.

Автори змінили модуль лісокористування в G4M, представивши в ньому економічні механізми та застосувавши метод лінійного програмування. Відповідна цільова функція виглядає так:

$$Z \xrightarrow{\max} \sum_i H_i \cdot FV_i + H_i \cdot BL_i + (FC_i - H_i) \cdot DC_i,$$

де i — індекс, що відповідає окремому елементу сітки; H_i — площа вирубаного лісу в окремому елементі сітки (га); FV_i — цінність лісу в окремому елементі сітки на певний момент часу (\$/га/рік); BL_i — втрата прибутку в окремому елементі сітки, яка відбудеться, якщо цей ліс не буде вирубано в поточному періоді (\$/га/рік); FC_i — площа лісу, яку дозволено використати для рубок головного користування в окремому елементі сітки (га). Різниця параметрів $(FC_i - H_i)$ визначає площу лісу, яка залишилась в окремому елементі сітки після рубок головного користування і є дозволеною для рубок; DC_i — втрати, які понесе власник лісу, якщо ліс в окремому елементі сітки буде вирубано в наступному періоді, а не в поточному (\$/га/рік).

Система обмежень має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \sum_i GS_i \cdot H_{t,i} &\geq D_t; \\ \sum_i GS_i \cdot H_{t,i} &\leq D_t \cdot k; \\ H_{t,i} &\leq FC_{t,i}; \\ H_{t,i} &\geq 0, \end{aligned}$$

де t — індекс який відповідає періоду моделювання ($t = 1 \dots 5$), k — коефіцієнт дозволеного перевищення кількості деревини, що потрібно вирубати відповідно до статистичних даних чи сценаріїв ($k = 1,1$), GS_i — запас деревини для елемента сітки s ($\text{м}^3/\text{га}$); D_t — кількість деревини, яку потрібно вирубати у період t , згідно зі статистичними даними, чи сценаріями.

Такий механізм забезпечує проведення рубок головного користування в найбільш економічно вигідних дозволених масивах, враховуючи при цьому необхідність планування лісокористування в майбутньому. Приймаючи рішення вирубувати ліс чи ні, власник враховує чи йому вигідно зрубати його зараз чи краще почекати кілька років. Таке прогнозування відображено в цільовій функції за допомогою втрат прибутку та витрат на відтермінування рубок. Слід зауважити, що цей алгоритм лісокористування виконується лише для елементів сітки, у яких ліс не належить до заповідних чи інших зон, у яких заборонено проводити рубки головного користування. Крім цього, у кожному елементі сітки, у якому дозволено рубки головного користування, визначено мінімальний допустимий вік рубки деревостану.

Також на вхід моделі подають сумарний попит на деревину, хоча в процесі моделювання лісокористування є розподіл між пиловником та іншою деревиною (баланси, паливна деревина та ін.). Якщо на вхід задавати попит на деревину вищевказаних категорій роздільно, це суттєво змінить результати рубок, що в свою чергу покращить результати оцінки емісій та поглинань вуглецю у секторі 333ЛГ.

В практиці побудови соціально-економічних сценаріїв варто звернути увагу на такі два етапи:

- розробка сюжетних ліній;
- чисельна інтерпретація сюжетних ліній.

За допомогою сюжетної лінії описують які зміни відбудуться, в якій галузі, які сфери життя вони зачеплять і чим вони будуть спричинені. Коли такі сюжетні лінії розроблено, постає задача їх чисельної інтерпретації через певні параметри і прогнозування динаміки цих параметрів на короткостроковий чи довгостроковий період. Як правило, визначають певний набір параметрів і їхня динаміка змінюється відповідно до сюжетної лінії кожного сценарію. Коли чисельна інтерпретація завершена, динаміку параметрів можна застосувати як вхідні дані для певної моделі і дослідити як змінюватиметься досліджувана система під впливом різних сценаріїв.

Саме так відбувається в G4M. Ввівши нові вхідні дані, можна дослідити їх вплив на сектор 333ЛГ. Якщо користувача цікавить як певні зміни в економіці вплинуть на лісокористування, то це можна виразити через динаміку попиту на деревину, внутрішній валовий продукт, ціни на землю та деревину. Зміни клімату інтерпретують через зміну біофізичних характеристик лісу, наприклад через динаміку зміни запасу біомаси. Можна відтворити певні глобальні трансформації, а також наслідки зміни законодавства щодо землекористування та лісокористування.

Сценарії можуть бути розробленими безпосередньо для України. У [13, 15] наведено приклад сценаріїв, які відображають зв'язок енергетичної політики України з емісіями та поглинаннями вуглецю у секторі 333ЛГ через використання деревної біомаси (це лише одна з проблем, яка була інтерпретована у сценаріях [13]). Подібним чином варто підходити до оцінки потенціалу емісій та поглинань вуглецю, а також переваг та недоліків певних управлінських рішень, наприклад нещодавно оновлений закон «Про особливості державного регулювання діяльності суб'єктів підприємницької діяльності, пов'язаної з реалізацією та експортом лісоматеріалів» від 4 квітня 2015.

Висновки

Застосування глобальних комп'ютерних моделей для оцінювання та прогнозування в масштабах країни, ймовірно не дозволить отримати результат, який відобразить особливості цієї країни. Проте, якщо концепція певної моделі є відповідною для вирішення поставленої задачі, то доцільним є адаптувати модель, зберігши про цьому підхід, який в ній використано.

Існує низка глобальних комп'ютерних моделей навколишнього середовища, метою яких є відтворення життєдіяльності природних систем, а також моделювання їх поведінки під впливом ан-

тропогенних факторів. Однією з таких моделей є G4M. Це глобальна модель, яка відтворює сектор ЗЗЗЛГ. На основі аналізу G4M визначено такі її особливості:

- комплексний підхід до моделювання сектора ЗЗЗЛГ;
- використання географічно розподілених вхідних даних;
- чітке моделювання механізму зміни землекористування;
- реалістичне відтворення біофізичних характеристик лісу та процесів лісокористування;
- прогнозування динаміки сектора ЗЗЗЛГ під впливом соціально-економічних сценаріїв;
- можливість зміни кроку моделювання;
- доступність для адаптації.

Оскільки метою подальшого використання G4M є аналіз сектора ЗЗЗЛГ в контексті можливих зобов'язань України в рамках нової кліматичної угоди, а також заходів та рішень України щодо пом'якшення зміни клімату, то вхідні дані моделі необхідно деталізувати. Дослідження лише однієї країни звільняє ресурси для обчислення, тому доцільно збільшити роздільну здатність карт, які використовує модель, зокрема лісів, що збільшить точність результатів і дозволить врахувати локальні особливості лісів.

В процесі аналізу моделі було виявлено, що механізм лісокористування не достатньо відображає економічну складову. Оскільки ліс є джерелом унікального ресурсу (деревини), то коректне моделювання економічної складової значно підсилить механізм лісокористування. Для цього запропоновано застосувати метод лінійного програмування.

У поточній версії моделі застосовано уніфікований сценарій («бізнес-як-звичайно») для прогнозування. Щоб отримати коректні результати для України необхідно розробити локальні сценарії. Зокрема створено можливі сценарії розвитку енергетичної політики та її зв'язків з емісіями та поглинаннями в секторі ЗЗЗЛГ. Аналогічні сценарії можуть бути розроблені з акцентом на заходах боротьби зі зміною клімату.

Три вищенаведені напрями адаптації G4M для України є основою для уточнення результатів моделювання та тестування її як інструменту для оцінювання наслідків управлінських рішень та зобов'язань на міжнародних переговорах в контексті зміни клімату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. United Nations Framework Convention on Climate Change [Електронний ресурс] // United Nations Framework Convention on Climate Change. — 2015. = Режим доступу : <http://unfccc.int/2860.php>.
2. Строчилю М. Огляд 20-ї Конференції Сторін Рамкової Конвенції ООН та Кіотського протоколу [Електронний ресурс] / М. Строчилю // Робоча група неурядових екологічних організацій України з питань зміни клімату. — 2014. — Режим доступу до ресурсу : http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2015/01/lima_review_climategroup.pdf.
3. Lima call for climate action [Електронний ресурс] // United Nations Framework Convention on Climate Change. — 2014. — Режим доступу : https://unfccc.int/files/meetings/lima_dec_2014/application/pdf/auv_cop20_lima_call_for_climate_action.pdf.
4. Gusti M. An approach to modeling landuse change and forest management on a global scale / M. Gusti, G. Kindermann // SIMULTECH-2011 : Proceedings of 1st Intern. Conf. on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications, 29—31 July 2011 — Noordwijkerhout, 2011. — P. 180—185.
5. Gusti M. I. An algorithm for simulation of forest management decisions in the Global Forest Model / M. I. Gusti // Штучний інтелект. — 2010. — № 4. — С. 45—49.
6. Eliasch review. Climate change: financing global forests — Richmond : The Stationery Office Limited, 2008. — 273 p.
7. Projection of the future EU forest CO₂ sink as affected by recent bioenergy policies using two advanced forest management models / [H. Bottcher, P. J. Verkerk, M. I. Gusti et al.]. // GCB Bioenergy. — 2012. — V. 4. — P. 773—783.
8. Enhanced policy scenarios for major emitting countries / [M. Elzen, H. Fekete, A. Admiraal et al.]. — Hague : PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2015. — 48 p.
9. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями ПГ в Украине за 1990—2012 гг. — Киев : Государственное агентство экологических инвестиций Украины, 2014. — 577 с.
10. Predicting the deforestation-trend under different carbon prices [Електронний ресурс] / G. Kindermann, M. Obersteiner, E. Rametsteiner, I. McCallum // Carbon Balance and Management. — 2006. — Режим доступу до ресурсу : <http://www.cbmjournals.com/content/1/1/15>.
11. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets / [P. Havlik, U. A. Schneider, E. Schmid et al.] // Energy Policy. — 2011. — V. 39. — P. 5690—5702.
12. Турковська О. В. Оцінювання ефективності політики зменшення викидів CO₂ лісами України при різних соціально-економічних сценаріях / О. В. Турковська, І. А. Охремчук, М. І. Густі // Науковий вісник НЛТУ України. — 2015. — № 25.4. — С. 98—104.
13. Загальна характеристика лісів України [Електронний ресурс] // Державне агентство лісових ресурсів України. — 2015. — Режим доступу : http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=62921&cat_id=32867.
14. Побудова карти лісів України за даними глобальних цифрових карт земельного покриття / М. Ю. Лесів, Д. Г. Щепашенко, А. З. Швіденко, Р. А. Бунь // Науковий вісник НЛТУ України. — 2012. — № 23. — С. 24—30.

15. Звіт про НДР «Геоінформаційні технології аналізу стоку та емісії парникових газів у лісовому господарстві для підтримки прийняття рішень» / Національний університет Львівська політехніка — Львів, 2014. — 213 с.

Рекомендована кафедрою комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 13.05.2015

Турковська Ольга Володимирівна — аспірант кафедри міжнародної інформації, e-mail: turkovska@gmail.com;
Густі Микола Іванович — канд. техн. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри міжнародної інформації, e-mail: kgusti@yahoo.com.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів;

Міжнародний інститут прикладного системного аналізу, Лаксенбург, Австрія

O. V. Turkovska^{1,2}
M. I. Gusti^{1,2}

Adaptation of global computer forest model G4M for Ukraine

¹Lviv Polytechnic National University;

²International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria

This study describes one of the possible instruments which can be used for preparing Intended Nationally Determined Contribution of Ukraine under future post-Kyoto agreement for land-use, land-use change and forestry sector. Global computer forest model G4M simulates land-use change and forestry sector adequately. However, applying the model for Ukraine requires certain improvement. In particular, detailing input data, improving algorithm of forest management modeling and designing scenarios which will be adapted to Ukrainian economic situation.

Keywords: LULUCF, modeling, G4M, post-Kyoto agreement, model adaptation.

Turkovska Olga V. — Post-Graduate Student at the Chair of International Information, e-mail: turkovska@gmail.com;

Gusti Mykola I. — Cand. Sc. (Eng.), Senior Research Fellow, Associate Professor at the Chair of International Information, e-mail: kgusti@yahoo.com

О. В. Турковская^{1,2}
Н. И. Густы^{1,2}

Адаптация глобальной компьютерной модели леса G4M для Украины

¹Национальный университет «Львівська політехніка»;

²Международный институт прикладного системного анализа, Лаксенбург, Австрия

Представлен один из возможных инструментов, который можно использовать для подготовки обязательств в секторе землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства Украины в рамках посткиотского соглашения. Глобальная компьютерная модель леса G4M реалистично отражает сектор землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Однако ее применение для Украины требует некоторых усовершенствований, а именно детализации входных данных, улучшение алгоритма лесопользования и разработки сценариев, адаптированных к экономической ситуации в Украине.

Ключевые слова: ЗИЗЛХ, моделирование, G4M, посткиотское соглашение, адаптация модели

Турковская Ольга Владимировна — аспірант кафедри міжнародної інформації, e-mail: turkovska@gmail.com;

Густы Николай Иванович — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры международной информации, e-mail: kgusti@yahoo.com