

## ПОБУДОВА ФОРМАЛІЗОВАНИХ ОПИСІВ ДЕРЕВОСТОЮ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ В ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ

В.М. Янчук

Україна, Житомирський інженерно-технологічний інститут

*Розглянуто проблематику створення формалізованих описів шару деревостою лісових екосистем Поліського регіону. Описано врахування антропогенного фактора вираженого забрудненням екосистеми радіоцезієм, який потрапляє з атмосфери на даний ярус.*

Внаслідок Чорнобильської катастрофи велика частина території була забруднена радіонуклідами, що включились у ланцюги живлення природних екосистем, в яких вони циркулюють тривалий час і внаслідок чого відбувається повторне забруднення складових екосистем. В даній ситуації для прийняття управлінських рішень важливо знати шляхи міграції радіонуклідів та дослідити особливості їх перерозподілу у складові екосистеми. Для таких досліджень ефективним методом є використання математичного моделювання, для дослідження динаміки забрудненості екосистеми і побудови прогнозу забруднення тих чи інших складових екосистеми. Першим етапом побудови математичної моделі екосистеми є побудова формалізованих описів складових екосистеми.

Переходячи до формалізації описів лісових екосистем, зауважимо, що для опису лісової екосистеми можна як розбивати екосистеми на якомога менші одиниці, так і йти

шляхом об'єднання малих систем у більші. Такий поділ залежить від ступеня деталізації характеристик лісової екосистеми.

У загальному вигляді опис лісової екосистеми  $F$ , можна подати як множину підмножин характеристик і записати таким чином:

$$F_j = \{G_i, T_j, Sp, I\}_r$$

де  $G$  – підмножина гігروتопів ( $i = 5$ );  $T$  – підмножина трофотопів ( $j = 4$ );  $Sp$  – множина видової різноманітності лісової екосистеми;  $I$  – множина інтегральних характеристик, до яких можна віднести біологічну продуктивність системи – суму біомас за видами. Остання множина характеристик також може включати зв'язки між компонентами екосистеми.

При переході до формалізації описів видових характеристик лісової екосистеми зазначимо, що множину рослинності доцільно умовно поділити на яруси  $Sp_f$ . Такий поділ зумовлений в першу чергу тим, що при моделюванні міграції радіонуклідів доцільно виділяти міграцію не тільки між окремими складовими екосистеми, а і потоки біомас та переходи радіонуклідів між ярусами лісу

$$Sp_f = \{Tr, Ug, Uw, Grb, Fal, Mos, Mush, Lch\},$$

де  $Tr$  – множина видів дерев;  $Ug$  – множина видів підліску;  $Uw$  – множина видів підросту;  $Grb$  – множина видів трав'яно-чагарничкового ярусу;  $Fal$  – опад/відпад: множина відмерлих частинок органічної речовини з різних ярусів;  $Mos$  – множина видів мохового ярусу,  $Mush$  – множина видів грибів,  $Lch$  – множина видів лишайників.

Множину видів, що знаходяться в екосистемі даного виду, можна визначити двома шляхами: (1) перерахуванням видів, що населяють дану територію; (2) перетином множин ареалів видів з сусідніх едотопів. Виділимо окремо множини, що відносяться до ярусу деревостану та побудуємо формалізовані описи ярусу деревостою.

Опис ярусу деревостою можна задати наступним чином:

$$Tr = \{Wd, Brk, Spr, Ned, Lf, Brch, Rt\},$$

де  $Wd$  – стовбур,  $Brk$  – кора,  $Spr$  – пагони,  $Ned$  – шпильки,  $Lf$  – листя,  $Brch$  – гілки,  $Rt$  – коріння.

З компартментом  $Wd$  пов'язані такі змінні як маса  $m_w$ , висота  $h_w$ , середній діаметр  $d_{av}$ , вік  $a_w$ , зімкнутість  $cd_w$ , кількість дерев на одиницю площі  $cn_w$ ,

$$Wd = \{m_w, h_w, d_{av}, a_w, cd_w, cn_w\}$$

Кору  $Brk$  розрізняють зовнішню  $Brk_o$  та внутрішню  $Brk_i$  і пов'язують її кількісно з масою окремих складових  $m_{Brk_o}$ ,  $m_{Brk_i}$  та загальною масою  $m_{Brk}$ .

Пагони  $Spr$  розрізняють однорічні  $Spr_o$  та старші  $Spr_l$ . Маси визначають як окремо для кожної складової  $m_{Spr_o}$  та  $m_{Spr_l}$ , так і загалом  $m_{Spr}$ .

Шпильки  $Ned$  так само, як і пагони, розрізняють однорічні  $Ned_o$  та старші  $Ned_l$ . Маси визначають як окремо для кожної складової  $m_{Ned_o}$  та  $m_{Ned_l}$ , так і загалом  $m_{Ned}$ .

Листя  $Lf$  є однорічним, і з точки зору математичного моделювання важливою характеристикою для нього є маса  $m_{Lf}$ .

Для відокремлення товстих гілок від тонких введено параметр діаметра гілок  $d_{bc}$ . Вважають, що гілки  $Brch$  товщиною до 5 мм є тонкими, а якщо більше – товстими. Кількісною характеристикою для даного компартменту є маса товстих  $m_{bw}$ , тонких  $m_{bt}$ , та загальна маса гілок  $m_b$ .

Подібно до опису гілок для коріння  $Rt$  також встановлено межу, яка дає можливість розрізняти тонке та товсте коріння. Таким чином, при діаметрі  $d_r$ , меншому, ніж 2 мм, вважають коріння тонким, у випадку, якщо більше – товстим. З точки зору математичного моделювання також необхідне завдання маси коріння як загалом  $m_r$ , так і окремо для товстого та тонкого коріння  $m_{rw}$  та  $m_{rt}$  відповідно.

Для підросту та підліску формалізовані записи будуть подібними, за винятком того, що для цих ярусів не визначається кількість видових одиниць на одиницю площі.

Тоді для підросту:

$$Ug = \{Wd_g, Brk_g, Spr_g, Ned_g, Lf_g, Brch_g, Rt_g\}$$

$$Wd_g = \{m_g, h_g, d_g, a_g, cd_g\}$$

Для підліску:

$$Uw = \{Wd_w, Brk_w, Spr_w, Ned_w, Lf_w, Brch_w, Rt_w\}$$

$$Wd_w = \{m_w, h_w, d_w, a_w, cd_w\}.$$

Окремим компартментом виділяють опад та відпад, який описується фракційним складом  $F_r$ , оскільки потрапляє на поверхню ґрунту з різних ярусів.

$$Fr = \{Brch_f, Lf_f, Ned_f, Brk_f, Bud_f\},$$

де  $Bud_f$  – опалі бруньки. Опад та відпад пов'язують з однією змінною – біомасою  $mf$  (кг/га).

Такий детальний поділ на компартменти та зважування компартментів окремо дає можливість в подальшому не тільки оцінити динаміку зміни біомаси, а й оцінити ступінь важливості даної складової.

Для оцінки антропогенного впливу використаємо попередні описи і введемо характеристику питомої активності ярусів  $Am_{Spf}$  з метою визначення міграції радіонуклідів в межах ярусів та між ними.

$$Sp_f = \{Tr, Ug, Uw, Grb, Fal, Mos, Mush, Lch, Am_{Spf}\}$$

Опис ярусу деревостану можна задати наступним чином:

$Tr = \{Wd, Brk, Spr, Ned, Lf, Brch, Rt, Am_{spf_i}\}$ , де  $Am_{spf_i}$  – питома активність окремого виду дерева (Бк/кг).

Так для кожної фракції вводять питому активність, яка характеризує накопичення в ній радіоцезію.

Для компартменту  $Wd$ :  $Wd = \{m_{tr}, h_{tr}, d_{atr}, a_{tr}, cd_{tr}, cn_{tr}, Am_{wd}\}$ , де  $Am_{wd}$  – питома активність фракції деревини (Бк/кг).

Для підросту та підліску формалізовані записи будуть наступними:

$$Ug = \{Wd_g, Brk_g, Spr_g, Ned_g, Lf_g, Brch_g, Rt_g, Am_{spg_i}\},$$

де  $Am_{spg_i}$  – питома активність окремого виду підросту (Бк/кг);

$$Wd_g = \{m_g, h_g, d_g, a_g, cd_g, Am_g\},$$

де  $Am_g$  – питома активність фракції стовбуру підросту (Бк/кг);

$$Uw = \{Wd_w, Brk_w, Spr_w, Ned_w, Lf_w, Brch_w, Rt_w, Am_{spw_i}\},$$

де  $Am_{spw_i}$  – питома активність окремого виду підліску (Бк/кг);

$$Wd_w = \{m_w, h_w, d_w, a_w, cd_w, Am_{wd}\}, \text{ де } Am_{wd} \text{ – питома активність стовбуру підліску (Бк/кг).}$$

За аналогією з наведеними вище формалізованими описами можна описати решту компартментів лісових екосистем, які відіграють важливу роль в міграції радіонуклідів в лісових екосистемах. Використовуючи дані описи при побудові функціональних відношень, необхідно враховувати природні зв'язки між компартментами, оскільки математичні моделі міграції радіонуклідів в лісових екосистемах повинні відображати реальні процеси, що проходять в екосистемах. Наведені в даній статті формалізовані описи покладено в основу бази даних інформаційної системи для математичного моделювання міграції радіонуклідів в лісових екосистемах.