

## ЗАГАЛЬНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПЕРЕНОСУ РЕЧОВИНИ В ЛАНДШАФТІ

*У даній роботі наводиться обґрунтування рішення задач ландшафтного масопереносу на основі ландшафтної територіальної структури; приводиться формалізація загальної структури задач і їх розв'язків.*

У сучасній науковій літературі дуже мало робіт, що стосуються проблематики переносу речовини в ландшафті, більша частина з яких носить описово-якісний характер. Окремі сторони процесу переносу речовини більш конкретно викладені в проблематиці деяких наук, у більшості випадків пов'язаних з вирішенням практичних задач. Так, досить детально розібраний процес поверхневого переміщення речовини (грунту) з водним і вітровим агентами – в проблематиці ерозіознавства; пересування вологи у ґрунтовій товщі – в проблематиці ґрунтознавства; поширення вторинних ореолів розсіювання хімічних елементів – в проблематиці геохімічних методів пошуку корисних копалин.

Недоліки такого висвітлення полягають у тому, що отримані результати аналізуються і систематизуються лише в контексті вирішення проблем окремих наук і дуже рідко теоретизувалися в контексті ландшафтознавчої проблематики і, зокрема, проблеми переносу речовини в ландшафті. Подібну ситуацію можна пояснити тим, що ландшафтний перенос речовини характеризується як просторовою, так і часовою дискретністю: процес переносу речовини не відбувається безперервно на всій області переносу ні в даний момент часу, ні протягом певного періоду. Наприклад, більшість запропонованих ерозійних моделей розглядають безперервний процес переносу вздовж схилу з однонаправленим вектором потоку (з вершини до підніжжя схилу) при умові однорідності процесу переносу в просторовому відношенні по розрахунковій області. Такий підхід до розв'язання проблеми переносу речовини, на нашу думку, є доцільним і таким, що задовольняє поставлені умови в проблематиці ерозіознавства, але не є задовільним з точки зору ландшафтознавства, оскільки він не вирішує просторової і часової оцінки розвантаження і збагачення потоків речовини. Адекватно таку задачу можна розв'язати, якщо прийняти дискретність процесу, а не його безперервність. Так, наприклад, у більшості ерозійних моделей обумовлюється, що кількість вхідних і вихідних векторів потоку в даній точці однакова, і таке співвідношення приймається на всі розрахункові області. Поправки, які вводяться для врахування просторової

неоднорідності переносу (процес водної ерозії поділяють на струмкову і площинну) вважають однаковими для всієї області. В дійсності (що слід враховувати при дискретному підході в моделюванні переносу речовини) кількість вхідних і вихідних векторів потоку в даній точці дуже часто не є однаковою по всій області переносу. Хоча деякі проблеми ландшафтного масопереносу можна вирішувати в контексті ерозіознавства та інших наук, що базуються на безперервності процесу масопереносу, основні проблеми горизонтального переносу речовини пропонуються вирішувати з допомогою моделювання, який базується на дискретності процесу.

На даний час залишається відкритою проблеми: кількісної оцінки горизонтального переносу речовини в ландшафті (зокрема – сумісного комплексного впливу водного і вітрового агентів на поверхневий перенос речовини і її перерозподіл в ландшафті); кількісної просторово-часової оцінки внутрішньогрунтового горизонтального переносу речовини; гомеостатичного стану геосистем в умовах антропогенного впливу на процеси переносу речовини. Цікавим є застосування математичного моделювання до дослідження процесів переносу речовини та використання теорії керування складними системами щодо оптимізації культурних ландшафтів, створення прогнозної методики перетворення ландшафтів при господарському їх використанні на основі кількісних характеристик процесів переносу речовини.

Кількісна оцінка горизонтального переносу речовини в ландшафті ґрунтується на моделюванні даного процесу. Такий підхід використовується з метою отримання не лише кількісних характеристик процесу, але й можливості управління ним. Адекватне відображення в моделі реальних процесів залежить від ряду умов, однією з яких є постановка задачі. Виходячи з того, що ландшафтний перенос речовини є досить складним процесом, вважаємо за необхідне розглянути загальну постановку задачі його кількісної оцінки.

Об'єктивно ландшафтну структуру можна охарактеризувати через сукупність ландшафтних територіальних одиниць, які конфігураційно і ієрархічно впорядковані просторовими відношеннями певного типу. Тип таких відношень між геотопами лежить в основі виділення певного типу ландшафтно-територіальної структури (ЛТС) [3].

Неоднорідність просторових відношень між геотопами визначає об'єднання їх у різні типи ЛТС, в залежності від інтегральних критеріїв, які визначаються типами структуроформуючих відношень. Таким чином, ландшафтна проблематика масопереносу виражається в проблемі ЛТС і, отже, є доцільною формалізація задач горизонтального переносу речовини в ландшафті на основі інтегральних критеріїв диференціації ландшафтів в певні типи ЛТС.

У роботі [3] виділяється п'ять типів ЛТС: генетико-морфологічні, позиційно-динамічні, парагенетичні, басейнові, біоцентрично-сітьові. Коротко охарактеризувати їх можна наступним чином: генетико-морфологічні як відношення спільності походження та еволюції геотопів, які знаходять вираз у їх будові; позиційно-динамічні як зв'язок геотопів горизонтальними речовинно-енергетичними потоками та їх відношення до ліній зміни інтенсивності цих потоків; парагенетичні як відношення геотопів до ліній концентрації горизонтальних потоків; басейнові, як спільність геотопів за гідрофункціонуванням та їх відношення до басейнів поверхневого стоку; біоцентрично-сітьові як біотичні міграції організмів та окремих популяцій між геотопами. По аналогії з цим можна виділити три задачі горизонтального переносу речовини в ландшафті: позиційно-динамічна, біоцентрично-сітьова, генетична. Таке формулювання задач і постановка кожної задачі окремо дещо не співпадають із наведеними вище типами ЛТС, оскільки при моделюванні процесів горизонтального переносу речовини в ландшафті формалізація задач потребує дещо інших підходів, ніж постановка проблем у ландшафтознавстві. Дані три задачі можна поділити на дві категорії: стаціонарна і динамічна ландшафтні задачі. Стаціонарна ландшафтна задача включає в себе процеси взаємовідносин між типами ЛТС в певний фіксований проміжок часу незалежно від їх генезису і еволюційного процесу і тому включає біоцентрично-сітьову і позиційно-динамічну задачі. Остання включає в себе формалізоване представлення позиційно-динамічного, парагенетичного і басейнового типів ЛТС, оскільки розв'язок проблем, які на них виникають, може бути знайдений в межах однієї задачі з загальним і частинними розв'язками. Стаціонарна

ландшафтна задача вирішує питання, як саме відбувається функціонування ЛТС, але вона не відповідає на питання, яким чином сформувалась ЛТС взагалі і певний тип ЛТС зокрема. Така проблема вирішується в межах динамічної ландшафтної задачі, яка представлена генетичною задачею.

Визначимо структуру ландшафту як множину  $P = \{K, L, M, N, O\}$  типів ЛТС, де  $K = \{k_{ij}\}$  – підмножина відображень  $f_1: \{x_{ij}\} \rightarrow \{k_{ij}\}$  що визначає генетико-морфологічний тип ЛТС;  $L = \{l_{ij}\}$  – підмножина відображень  $f_2: \{x_{ij}\} \rightarrow \{l_{ij}\}$  що визначає позиційно-динамічний тип ЛТС;  $M = \{m_{ij}\}$  – підмножина відображень  $f_3: \{x_{ij}\} \rightarrow \{m_{ij}\}$  що визначає парагенетичний тип ЛТС;  $N = \{n_{ij}\}$  – підмножина відображень  $f_4: \{x_{ij}\} \rightarrow \{n_{ij}\}$  що визначає басейновий тип ЛТС;  $O = \{o_{ij}\}$  – підмножина відображень  $f_5: \{x_{ij}\} \rightarrow \{o_{ij}\}$  що визначає біоцентрично-сітьовий тип ЛТС;  $X = \{x_{ij}\}$  – найменша із підмножин множини  $P$ ,  $X \subset \{K, L, M, N, O\}$ . Множина  $X$  не має підмножин і є складовою підмножиною підмножин множини  $P$ . Елементи множини  $X$  являють собою найменший компонентний рівень геосистем, що формують і/або обумовлюють найелементарніші системи (в межах геосистемного ієрархічного рівня): всі види геомас (за Н.Л. Беручаєвлі елементарні структурно-функціональні частини природно-територіальних комплексів, [4]), елементи клімату тощо.

Визначимо множину  $T = \{m, n_{ij}\}$  як перетин підмножин  $M$  і  $N$ ,  $T \in M \cup N$ ,  $T \subset L$ . Множина  $T$  є об'єднання позиційно-динамічних типів ЛТС у територіальну структуру більш високого рангу, ніж  $L$ , але нижчого від рангу типів ЛТС  $M$  і  $N$ . Таким чином, враховуючи  $T \in M \cup N$ ,  $T \subset L$ , структуру множини  $P$  можна представити:

$$((L \cap O) \subset (M \cap N) \cap K_m) \subset K_2, \text{ де } K_m \text{ і } K_2 - \text{підмножини підмножини } K. \quad (1)$$

В будь-якій підмножині множини  $P$  всяке відображення  $f_i$  можна представити як композицію відображень  $h_i$  і  $g_i$ :  $f_i = h_i \circ g_i$ , де  $g_i$  – відображення  $\{x_{ij}\} \rightarrow \{s^{-1}\}$ ,  $h_i$  – відображення  $\{x_{ij}\} \rightarrow \{s\}$ , де  $\{s^{-1}\}$  і  $\{s\}$  – відповідно деструкуюче і структуроформуючі підмножини будь-якої з підмножин множини  $P$ .  $S^{-1} \setminus S \neq \emptyset$ ,  $\cap (S^{-1} \cap S) \in P$ . Тоді і формування ландшафтної структури (1) визначає композицію відображень  $f_p = h_p \circ g_p$ , або  $\cap S \setminus \cap S^{-1} = P$ . Підмножини множини  $P$  неоднорідні за потужністю множин  $S^{-1}$  і  $S$ . Якщо розглядати множини  $S^{-1}$  і  $S$  в межах  $f_b$ , то припускається нерівність  $|S^{-1}| \geq |S|$ ; в межах (1) виконується нерівність  $|S^{-1}| < |S|$ , оскільки  $|S^{-1}| > |S|$  заперечує існування  $P$ .

Представимо задачу кількісної оцінки (моделювання) горизонтального переносу речовини в ландшафті у вигляді множини  $D = \{R, Z, F\}$  задач, де  $D$  – множина формалізованих початкових умов,  $R, Z, F$  – підмножини множини  $D$ , являють собою відповідно множину умов позиційно-динамічної, біоцентрично-сітьової і генетичної задач. Відображення  $f_a: P \rightarrow D$  формує загальну постановку задачі моделювання горизонтального переносу речовини в ландшафті.

Окремо представимо покомпонентне відображення підмножин множини  $P$  в підмножини множини  $D$ :

$$f_a: \{L, M, N\} \rightarrow R; \quad f_b: O \rightarrow Z; \quad f_c: K \rightarrow F \quad (2)$$

Таким чином (2) є формалізацією (1), тобто  $f_{abc}: P \rightarrow D$ . Структура  $D$  має вигляд  $(R \cap Z) \subset F$ , або якщо прийняти, що  $|S_2 \setminus S^{-1}_2| < |S_R \setminus S^{-1}_R| \Rightarrow |Z| < |R|$ , то  $D$  є ряд послідовних відображень  $R$  в  $F$ , тобто  $f_i: R \rightarrow F$ .

Таким чином, конкретно умову задачі можна представити як знаходження відповідних відображень  $f_j$  з елементів множини  $X$  в елементи множини  $R, Z, F$ , тобто розв'язком задачі горизонтального переносу речовини в ландшафті є відображення  $f_R, f_Z, f_F$  або іншим чином:

$$f_Z, f_F = f_i \circ f_R. \quad (3)$$

Враховуючи дискретний характер процесу переносу речовини в загальному і дискретність внутрішньотипових взаємодій ЛТС зокрема, пропонується шукати відображення  $f_Z, f_F$  через розв'язок графових задач: балансові розв'язки для будь-якої вершини і підграфа графа  $\Gamma$ ; графодинамічні задачі.

Висловимо припущення, що будь-якому типу ЛТС можна поставити у відповідність певний граф або що існує відображення  $f_A: X_A \rightarrow \Gamma_A$ . Визначимо геосистему  $A$  як впорядковану множину структурно – пов'язаних геотопів  $B$  і потоків речовини  $C$ , зобразимо  $A = \{B, C\}$ . Тоді, якщо за умовою  $X \in A$ , то існує відображення  $h_A: \{x_i\} \rightarrow \{B, C\}$ . Можна показати, що справедливе таке відображення  $g_\Gamma: \{B, C\} \rightarrow \{v, e\}$  або  $f_A: A \rightarrow \Gamma_A$ , де  $\Gamma_A = (v, e)$  – орієнтований граф,  $v$  – кінечна множина вершин,  $e$  – множина впорядкованих пар на  $v$ , оскільки з умови  $C$  є множина впорядкованих пар на  $B$ , а  $B$  кінечна множина елементів, і тому можливе покомпонентне відображення  $B$  на  $v$  і  $C$  на  $e$ , що веде до загального відображення множини  $A$  в  $\Gamma_A$ ; тоді справедливе таке відображення:

$$f_A = g_\Gamma \circ h_A, \text{ або } f_A: X_A \rightarrow \Gamma_A. \quad (4)$$

Будь-яка характеристика геосистеми може представляти собою множину числових даних, яка знаходиться у функціональній залежності від інших, більш консервативних, характеристик геосистеми. Таку функціональну залежність можна представити у вигляді поверхні. Таким чином, якщо описати реальну поверхню геосистеми рівнянням  $z = f(u, y)$  або якщо прийняти  $x_i = f(u_i, y_i) \Rightarrow z = f(x)$ , тоді враховуючи  $D = \{R, Z, F\}$  і (4) на поверхні  $z_i$  можна побудувати графи  $\Gamma_R, \Gamma_Z, \Gamma_F$ , де  $i$  – рівень перетворення  $z_i$  в  $z_{i+1}$ . З цього слідує, враховуючи (2) і (3), що, розв'язуючи балансову задачу відносно  $v_Z, v_R$  і будь-якого підграфа графа  $\Gamma_R, \Gamma_Z$  отримаємо відображення  $f_Z, f_R$ , які є розв'язками задач  $R$  і  $Z$ .

Для отримання розв'язку для  $F$  представимо  $f_i$  як композицію з  $n$  відображень:  $f_i = f_{i-1} \circ f_{i-2} \circ \dots \circ f_n$ , тоді будь-якому з  $n$  елементів можна поставити у відповідність граф  $\Gamma_R^n$ , що обумовлює певну графодинамічну траєкторію, яку можна описати рівнянням  $\psi = f(\varphi(z_i))$ , де  $\varphi(z_i)$  – функція, що описує граф  $\Gamma_R$ . Функція  $\psi = f(\varphi(z_i))$  і є розв'язком задачі  $F$ .

### Висновки

Виходячи з викладених формулювань, можна зробити наступні висновки:

1. постановку задач горизонтального переносу речовини в ландшафті доцільно проводити на основі інтегральних критеріїв диференціації ландшафтів в певні типи ЛТС;
2. можна виділити три задачі горизонтального переносу речовини в ландшафті: позиційно-динамічна, біоцентрично-сітьова, генетична;
3. формалізацію задач горизонтального переносу речовини в ландшафті можна представити наступним чином:  $f_a: \{L, M, N\} \rightarrow R$ ;  $f_b: O \rightarrow Z$ ;  $f_c: K \rightarrow F$ ;
4. розв'язком задач горизонтального переносу речовини в ландшафті є відображення  $f_R, f_Z, f_F$  або іншим чином:  $f_Z, f_e = f_i \circ f_R$ ; розв'язком задачі  $F$  є функція  $\psi = f(\varphi(z_i))$ , яка описує певну графодинамічну траєкторію.

### Література

1. Исследования по теории структур // М.А. Айзерман, Л.А. Гусев, С.В. Петров и др. – М.: Наука, 1988. – с. 3 – 72.
2. Булыгин С.Ю., Неаринг М.А. Формирование экологически сбалансированных агроландшафтов: проблема эрозии. – Харьков, Изд-во: ООО “Эней”, 1999. – 271с.
3. Гродзинський Д.М. Основи ландшафтної екології: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 224 с.
4. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1991. – 366 с.
5. Харари Ф. Теория графов: пер. с англ./ Под ред. Г.П. Гаврилова. – М.: Изд – во “Мир”, 1973. – 300 с.