

СТЕРЕОМЕТРИЧНА ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МІКРОСТРУКТУРИ ҐРУНТУ ЯК ЧИННИКА ПЛОЩИННОЇ ЕРОЗІЇ

Володимир Мельник, Ірина Нетробчук, Володимир Волошин
(Волинський державний університет, Луцьк)

В дослідженнях площинного змиву гумусного родючого шару надзвичайно важлива кількісна характеристика мікроструктури ґрунту, зокрема мікоморфології скелету, розмірів його окремих елементів, стійкості зв'язків між ними та ін. Отримати гаку інформацію можна шляхом стереовимірювань мікрофотографій, отримуваних з допомогою растрових електронних мікроскопів (РЕМ). З цією метою нами розроблена методика морфоспектрального аналізу, яка включає використання методів РЕМ-стереоскопічної зйомки мікрооб'єктів, аналітичну фотограмметричну обробку РЕМ-зображень та спектральний аналіз цифрових моделей (ЦММР), який проводиться в два етапи. 1. ЦММР можна розглядати як реалізацію певного дискретного випадкового процесу і її кількісна інтерпретація повинна ґрунтуватися на застосуванні методів спектрального аналізу стаціонарних випадкових процесів. Аналіз ЦММР слід проводити в частотній області, оскільки статистичні властивості і характеристики випадкових процесів в переважній більшості визначаються їх спектром потужності. Спектр відображає розподіл середньоквадратичної потужності процесу як функції частоти, характеризуючи, таким чином, вклад різних елементів мікрорельєфу в його потужність. Частота в даному випадку, однозначно відповідає розмірові елемента ЦММР. Сумуючи спектр за частотою, можна оцінити загальну дисперсію відміток мікрорельєфу ЦММР, а також долю тієї дисперсії, яка належить окремим інтервалам частот, тобто розмірам окремих елементів. Така можливість може бути здійснена на

основі відомого рівняння Парсеваля $\psi^2(f_1, f_2) = \int_{f_1}^{f_2} S_x(f) df$, $0 << f_1 << f_2$, де ψ^2 - потужність процесу; S_x - щільність спектра потужності; f_1, f_2 - нижня і верхня границя частот.

Запропонований підхід дозволяє кількісно описати інтенсивність мікрорельєфу поверхні сколів (шліфів) зразків ґрунту (дисперсію його висотних відміток - σ_i^2) і встановити, за рахунок яких елементів вона формується.

Використання кількох збільшень забезпечує отримання параметрів грубого рельєфу (першого порядку) з розмірами елементів в плані 40-400 мкм, середнього (другого порядку) з розмірами елементів 20-200 мкм, дрібного (третього порядку) з розмірами елементів 10-80 мкм. Програмна реалізація морфоспектрального аналізу ЦММР нами здійснена оригінальним програмним пакетом "PAMIR".

2. Оскільки ґрунт - природна гармонічна система, що розвивається у відповідності з фундаментальними термодинамічними законами, то важливою характеристикою мікроструктури ґрунту є ентропія. Для ґрунту достатньо коректною оцінкою є відносна ентропія, тобто відношення фактичної ентропії до максимальної. Для гармонічної системи така оцінка відповідає "золотому січенню" і становить 0.382.

Для розрахунку ентропійної характеристики мікро-структури ґрунту нами пропонується аналізувати розподіл відміток мікрорельєфу ЦММР. В цьому випадку ентропія характеризуватиме ступінь неоднорідності (невпорядкованості) рельєфу поверхні сколів зразків ґрунту і може оцінюватися за відомою формулою К.Шеннона $E = -\sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$, бит, де p_i - ймовірність перебування системи в i -му стані; N - число станів системи. Відносна ентропія обчислюється як $O = 1 - \frac{E}{E_{\max}}$.

Проведені нами дослідження показали, що концепція ентропії в мікроморфологічному застосуванні має такі особливості: мінімальне значення ентропії відповідає досить зглаженим поверхням сколів, які властиві щільним та однорідним ґрунтам, наприклад, важким суглинкам і глинам, максимальне - відповідає випадку рівноймовірності стану системи і дорівнює $\ln N$. Для ЦММР - це однакова ймовірність знаходження відмітки будь-якої точки ЦММР у попередньо вибраному інтервалі перепаду висот. Якщо ділити профільні січення ЦММР на 25 відрізків - "станів", то максимальна ентропія мікрорельєфу

становитиме $\ln 25 = 3.219$ бит. Поверхні з такою ентропією мікрорельєфу, як правило, не зустрічаються, проте гіпотетично можуть характеризуватися граничними перепадами висот. Близька до граничної величина ентропії властива дуже рихлим ґрунтам, з низькою і сильно змінюваною міцністю зв'язків, що зумовлює рівноймовірне порушення (при розколі зразка) структурних елементів практично будь-якого рівня організації. Конкретні результати стереометричної оцінки просторової організації 5-ти різних зразків ґрунту подані в таблиці:

Зразок	σ_1^2	O_1	σ_2^2	O_2	σ_3^2	O_3
m19	420	0.49	130	0.45	20	0.45
m20	340	0.32	255	0.35	—	—
m21	290	0.24	185	0.30	33	0.29
m22	315	0.33	235	0.37	44	0.36
m23	495	0.41	130	0.40	37	0.37