

допустимої швидкості (1)-(3). Вони дають можливість обрахувати з достатньою точністю результуючу глибину каналу і його ширину після деякого періоду дії водного потоку, а також обчислити стійкий повздовжній профіль каналу. Ці формули не вимагають знання великої кількості значень нових параметрів, окрім тих, що необхідні для розрахунку допустимої придонної швидкості. Саме це робить їх дуже зручними для використання, оскільки збір значень усіх параметрів у теперішніх умовах є досить складною задачею.

Для програмної реалізації даної моделі ерозії водного каналу розроблено програми на мовах C++ та Avenue, які дають можливість швидко, зручно та наглядно дослідити ерозію каналів при різних характеристиках ґрунту та течії. В GIS ArcView можна побачити результати досліджень у вигляді карт. Завдяки цьому можна прогнозувати ерозію каналів з достатньою точністю, щоб передбачити розвиток ерозії та виробити міри для її запобігання.

1. Мирцхулава Ц.Е. Основы физики и механики эрозии русел.- Л.:Гидрометеиздат, 1988. 298 с. 2. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. - М.: Колос, 1970. - 240 с. 3. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне. - М.: Изд-во АН СССР, 1955, -280 с. 4. Environmental Systems Research Institute, Inc. Getting to Know ArcView. – 1996. 500 p.

УДК 539.3

П.П. Вагін, О.Й. Піскозуб

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ НА ПОВЕРХНЕВО-СХИЛОВУ ЕРОЗІЮ ҐРУНТУ

На даний момент розроблено досить багато моделей розрахунку водної ерозії, і зокрема поверхневого змиву ґрунтів під впливом дощів. Кількісно ці матеріали оброблялись мало через складність обчислень та протиріччя вихідних даних.

Нехай маємо земельну ділянку, рельєф якої заданий у вигляді ізоліній (ліній рівня). Розглянемо задачу еродованості цієї ділянки, тобто обчислення можливої кількості змитого ґрунту для певного проміжку часу, інтенсивності дощу та механічних характеристик ґрунту.

Пропонуємо реалізацію моделі обчислення залежності поверхнево-схилової ерозії від форми рельєфу поверхні. Запропонований розв'язок отриманий емпірично на основі дослідів багатьох авторів. В [1, 2] був розв'язаний частковий випадок задачі - схил плоский, у вигляді трапеції.

$$W_L = a \left(I^n(L) \frac{d(L^*{}^p L)}{dL} + L^*{}^p L \frac{dI^n(L)}{dL} \right), \quad (1)$$

де W_L - кількість змиву, L - довжина схилу або довжина акумульованого потоку, визначає кількість води, що проходить через даний створ за одиницю часу. L^* - довжина прямокутного схилу, рівновеликого за площею до даного. I - нахил схилу, визначає швидкість потоку. dI/dL - профіль схилу, визначає прискорення потоку: на опуклому схилі прискорення буде додатним, на ввігнутому - від'ємним. a - враховує фактори, що не залежать від рельєфу.

Це співвідношення отримане з міркувань, що середня кількість змиву пропорційна до довжини L в степені p та до нахилу I в степені n , значення p та n були визначені експериментально кількома авторами та усереднені.

Узагальнення розв'язку полягає в розбитті схилу на смуги, по яких змив відбувається незалежно. В свою чергу ці смуги, перетинаючись з лініями рівня, утворюють сітку криволінійних чотирикутників, які при досить густому розбитті можна вважати наближеннями плоских трапецій і застосовувати до них отриману формулу. Для розбиття схилу на такі смуги аналізували форми схилу з метою визначення можливих траєкторій потоків води під час дощу. Кожна пара знайдених траєкторій утворює смугу, стік води по якій, а отже, і поверхневий змив, відбувається незалежно від стоку на інших таких самих смугах.

Аналіз рельєфу місцевості проводився за допомогою геоінформаційної системи GIS ArcView та додатка ArcView Spatial Analyst, у якому запрограмовані всі використані чисельні методи. Вхідними даними задачі є рельєф поверхні, заданий у вигляді карти векторно-растрового формату з зображеними на ній ізолініями рельєфу поверхні.

Першим етапом аналізу поверхні було знаходження поверхні рельєфу шляхом інтерполяції точок, з яких складаються ізолінії. Вибір методу інтерполяції здійснювався з міркувань, що отримана поверхня повинна якомога точніше відображати реальну. Для випадку відтворення поверхні природного рельєфу місцевості найдоцільніше використовувати метод сплайнів, бо поверхня,

відтворена цим методом є максимально гладка, якою і повинна бути поверхня природного рельєфу місцевості. При інтерполяції методом сплайнів накладаються дві основні вимоги:

- поверхня точно проходить через всі точки заміру;
- поверхня має мінімальну кривизну, тобто сума квадратів других похідних взятих у кожній точці поверхні мінімальна. Ця техніка забезпечувала гладку поверхню і гладку першу похідну по поверхні, що виявилось корисним, коли треба було обчислювати другу похідну по поверхні.

Незважаючи на те що метод сплайнів дає максимально гладку поверхню, все таки цю поверхню можна ще більше наблизити до реальної. Помилка інтерполяції в даному випадку полягає в тому, що на поверхні допускається існування заглибин - ділянок, звідки вода не витікає. В природі такі випадки трапляються рідко (уявіть собі калюжу на схилі). Тому після інтерполяції всі такі заглибини згладжувались.

Наступним після інтерполяції поверхні етапом аналізу було визначення напрямків потоку води на кожній точці поверхні. Оскільки кожна точка поверхні представляє квадратну ділянку поверхні на карті, то існує вісім точок, що дотикаються до даної (стороною або вершиною), а отже, і вісім можливих напрямків потоку із даної точки. Вважалось, що вода стікає у найбільш похилому вниз напрямку. В реальних умовах при невеликій швидкості потоку це наближення досить точно відображає процес стоку. Якщо існував неоднозначний вибір напрямку - кілька точок мали однакову найменшу висоту, то напрямок визначався по "сусідах сусідів" і так далі. Нескладно було визначити акумульовану довжину потоку L : будувалась послідовність точок за картою напрямків потоку.

Після того як була отримана поверхня та карта напрямків потоків, стало можливим взяти першу та другу похідні у напрямку потоку води у всіх точках поверхні і застосувати (1). Результатом роботи програми є карта розмірів поверхнево-схилової ерозії ґрунту на даній місцевості.

1. Ш в е б с Г. И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценки (на примере Украины и Молдавии); Л.: Гидрометеиздат, 1974.
2. Ш в е б с Г. И. Теоретические основы эрозиоведения; Киев; Одесса: Вища школа; 1981.