

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

2

---

МОСКВА · 1981

УДК 551.578.1

В. М. МОСКОВКИН, В. Ф. ГАХОВ

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОСАДКОВ

Приведены расчеты кинетической энергии однородных естественных и искусственных осадков в зависимости от высоты дождевания и размера капель.

Расчет кинетической энергии осадков важен в вопросах прогноза эрозии, эрозионного районирования, оптимальной защиты почв от эрозии, орошения и др. Следует отметить, что капельно-дождевая эрозия гораздо сильнее влияет на процесс разрушения почвенной структуры, чем плоскостный и мелкоручейковый сток, благодаря большой кинетической энергии осадков, достигающей 30—40 дж/м<sup>2</sup>·мм. Это обусловлено большими конечными скоростями падения капель, превышающими иногда на порядок скорости склоновых потоков. Исследования показывают, что мощность дождя (плотность потока кинетической энергии, дж/м<sup>2</sup>·мин) может превосходить мощность плоскостного стока на три порядка, на порядок мощность мелкоручейкового стока и сравнима с мощностью бороздового стока [2].

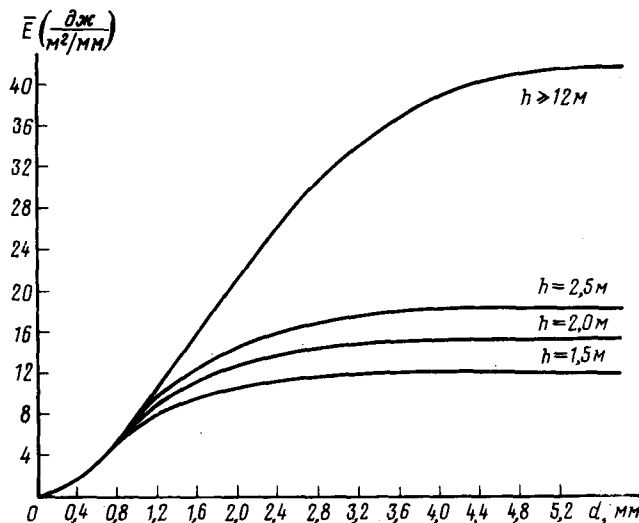
В практических целях нами построены кривые кинетической энергии (рисунок) однородных естественных и искусственных осадков в зависимости от диаметра капель и высоты дождевания по формуле  $\bar{E} = 0,5 V_k^2$  [3], где  $V_k$  и  $\bar{E}$  измеряются в м/сек и дж/м<sup>2</sup>·мм. Ниже мы будем различать кинетическую энергию осадков (плотность потока кинетической энергии), мощность дождя ( $E$ , дж/м<sup>2</sup>·мин) и кинетическую энергию дождя, приведенную к 1-мм слою осадков  $\bar{E}$ , дж/м<sup>2</sup>·мм. Для естественных осадков для каждого диаметра капель брали  $V_k$ , который изменялся с шагом 0,1 мм при  $0 < d < 1$  и 0,2 мм при  $d > 1$ , по данным Ганна и Кинцера [1].

Для трех по высоте типов дождевальных установок ( $h_1 = 2,5$  м,  $h_2 = 2,0$  м,  $h_3 = 1,5$  м) конечную скорость падения капель определяли по формуле, приведенной в работе Швевса [3]. Расчет указал на вогнуто-выпуклый характер кривых энергии, которые хорошо аппроксимируются функцией

$$\bar{E} = \bar{E}_\infty [1 - \exp(-\alpha d^2)]. \quad (1)$$

Для естественных осадков ( $h \geq 12$  м) максимальный уровень энергии равен около 42,2 дж/м<sup>2</sup>·мм, а для искусственных эти уровни соответственно равны  $\bar{E}_\infty^1 = 19$ ,  $\bar{E}_\infty^2 = 16$ ,  $\bar{E}_\infty^3 = 13$ . Параметры  $\bar{E}_\infty$ ,  $\alpha$  могут быть найдены достаточно точно методом наименьших квадратов. Приближенная оценка параметра  $\alpha$  при  $\bar{E}_\infty = 42$  дж/м<sup>2</sup>·мм равна 0,164, а при более точном значении  $\bar{E}_\infty$  ( $\bar{E}_\infty = 42,2$  дж/м<sup>2</sup>·мм)  $\alpha = 0,155$ . Для естественных осадков хорошо выделяется линейная область роста  $\bar{E}$  в зависимости от диаметра капель  $d \in [0,7; 2,2]$ . Это обусловлено тем, что в этой области зависимость скорости падения капли от ее диаметра подчинена теоретической зависимости  $V_k = c\sqrt{d}$  (квадратичная область сопротивления). Примерно до капель размером 0,8 мм кривые энергии для естественных и искусственных осадков ( $h \leq 2,5$  м) совпадают.

По предложенным кривым можно определять соответствие между энергией искусственных и естественных осадков. Например, при  $h_1 = 2,5$  м уровень энергии при  $d = 2,4$  мм, равный 16 дж/м<sup>2</sup>·мм, соответствует такому же по энергии однородному естественному дождю с диаметром капель, равным 1,6 мм. Если известны точные значения энергии, рассчитанные с учетом спектра осадков, то по кривым можно определять диаметр капель эквивалентного по энергии однородного дождя. Кроме того, при экспериментальном моделировании процессов эрозии необходимо получать такую интенсивность однородного искусственного дождя  $I_h$ , энергия которого соответствовала бы энергии естественного  $E = \bar{E}I$ . Такая задача может решаться с помощью соотношения  $I_h = \bar{E}I/\bar{E}_h$ , где индекс  $h$  говорит о высоте безнапорного дождевания и значения  $\bar{E}$ ,  $\bar{E}_h$  определяются по предложенным кривым.



Зависимость кинетической энергии однородных осадков от диаметра капель и высоты дождевания (уровень  $h > 12$  соответствует естественному однородному дождю)

Ввиду того что скорость разрушения почвы  $R$  (кг/м<sup>2</sup>·мин) при капельном воздействии очень хорошо коррелирует с кинетической энергией осадков  $E$  (дж/м<sup>2</sup>·мин), то по кривым с помощью соотношения  $R = f(E)$  [3—6] и  $E = \bar{E}I$  можно определять оптимальные параметры искусственного дождевания ( $h$ ,  $d$ ,  $I$ ) с целью недопущения чрезмерного разрушения почвы, что имеет большое значение в мелиоративной практике.

Вышеизложенное справедливо для безнапорного дождевания. При напорном дождевании с ненулевой начальной вертикальной скоростью падения капель расчет конечной скорости и энергии усложняется. Но ввиду того что в практике дождевание проводится под некоторым углом вверх, то чтобы пользоваться предложенными кривыми, достаточно установить некоторую среднюю высоту выпадения основной массы дождя с нулевой вертикальной скоростью. Это наиболее приемлемо для средне- и дальноструйных дождевальных установок. Для последних ввиду выпадения основной массы дождя с высот порядка 10 м можно пользоваться формулой (1) для естественных осадков ( $\bar{E}_\infty = 42,2$  дж/м<sup>2</sup>·мм,  $\alpha = 0,155$ ) или кривой рисунка при  $h \geq 12$  м.

Литература

1. Литвинов И. В. Структура атмосферных осадков. Л., Гидрометеониздат, 1974.
2. Трофимов А. М., Московкин В. М. Энергетический подход к сравнительной оценке протекания водно-эрозионных процессов. Тез. докл. Всесоюз. конф. «Теоретические

- основы противоэрозионных мероприятий», ч. 1. Одесса, 1979.
3. Швец Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. Л., Гидрометеоиздат, 1974.
  4. Ekern P. C. Problem of raindrop impact erosion. Agric. Engin., v. 34, № 1, 1953.
  5. Morgan R. P. C. Field studies of rainsplash erosion. Earth Surf. Proc., v. 3, № 3, 1978.
  6. Rose C. W. Soil detachment caused by rainfall. Soil Sci., v. 89, № 1, 1960.

ВНИИ по охране вод  
Минмелиоводхоз СССР

Поступила в редакцию  
31.X.1979

---

V. M. MOSKOVKIN, V. F. GAKHOV

**A METHOD FOR CALCULATING KINETIC ENERGY  
OF PRECIPITATION**

A method for calculating kinetic energy of precipitation with regard for its spectrum is discussed and a combined diagram of spectrum and precipitation energy is constructed. Calculations of homogenic natural and artificial precipitation are presented depending on the height of sprinkling and the diameter of drops.

---