

УДК 551.3.053

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОЧВ

Иванова А.В.

Практически все факторы эрозионного процесса, в первую очередь, рельефные, почвенные, агротехнические условия, характеризуются высокой пространственной изменчивостью. Одним из основных факторов, определяющих распространение и интенсивность эрозии, является способность почв противостоять разрушающему воздействию капель дождя и текущей воды – противоэрозионная стойкость почв. Противоэрозионная стойкость почв разных типов и подтипов определяется их химическим и механическим составом, физико-химическими свойствами, физическим состоянием, биологическими и другими факторами [1].

Противоэрозионная стойкость почв также во многом определяется степенью их смывости. В смытых почвах уменьшается содержание гумуса, увеличивается содержание карбонатов, снижается содержание поглощенного кальция, происходят и другие изменения в химическом составе, влияющие на снижение их противоэрозионной устойчивости. Смытые почвы отличаются ухудшением почвенной структуры и других физических свойств. В результате этого противоэрозионная стойкость смытых почв всегда ниже, чем несмытых [1].

Одной из характеристик противоэрозионной стойкости почв, используемых в математических моделях смыва, является механическое сцепление почвы, которое может быть измерено в полевых условиях портативными приборами, например, карманным торвейном после насыщения поверхности почвы водой [2]. Такой метод определения противоэрозионной стойкости почв привлекателен своей нетрудоемкостью. Данная величина измеряется в $\text{кг}/\text{см}^2$ или килопаскалях ($1\text{кПа}=0,0102\text{ кг}/\text{см}^2$). На одном элементе территории размером 0,3 x 0,3 м должно быть выполнено не менее шести измерений. Если коэффициент вариации значений составляет более 15 %, то количество измерений следует увеличить до десяти.

В сентябре 2002 года нами были выполнены измерения сцепления почвы карманным торвейном на склоне северо-восточной экспозиции балки Лабушна в с. Кринички Балтского района Одесской области. Исследования проводились на двух участках, различающихся характером обработки почвы, рельефом и условиями увлажнения.

Первый участок расположен в пределах склона и имеет сложную выпукло-вогнутую форму. Длина – 900 м. Средний уклон – 0,078. Почва – чернозем реградируемый легкоглинистый на лессовидных суглинках разной степени смытости. Поверхность склона распаханна, и покрыта спелым подсолнечником. Почва хорошо увлажнена и уплотнена. Здесь исследования проводились по четырем профилям, заложенным на расстоянии 60 м друг от друга.

Второй участок представляет собой приводораздельную поверхность, распахан и покрыт молодыми всходами озимой пшеницы. Почва – чернозем реградируемый легкоглинистый на лессовидных суглинках несмытый и слабосмытый. Средний уклон поверхности 0,025. Здесь измерения проводились на 8 профилях заложенных на расстоянии 30 м. Длина участка 300 м.

Площадки размером 30х30 см, на которых непосредственно проводились измерения, закладывались на профилях через каждые 30 м. Поскольку коэффициент вариации измеряемых значений в большинстве случаев составлял более 15 %, то совершалось не менее 9 измерений сцепления почвы.

В ходе анализа измеренных величин механического сцепления почвы выяснилось, что исследуемая характеристика противозерозионной стойкости почв значительно варьирует в пространстве в зависимости от положения точки на склоне. В общем, наблюдается увеличение значения сцепления почвы вверх по склону. Скорее всего, причиной пространственной изменчивости механического сцепления почв является неоднородность контуров эродированности, степень смытости почвы, характер обработки поверхности и условия увлажнения почвы.

Результатом проведенной работы стали графики, показывающие пространственное распределение механического сцепления почвы, сводные таблицы статистических параметров рядов измеренных величин (табл. 1), а также карты пространственного распределения механического сцепления почвы на обоих участках, построенные с использованием процедуры простого точечного крайгинга в рамках пакета *Gstat*.

Поскольку использование крайгинга правомерно только в случае нормально распределенных данных, было выполнено исследование двух полученных совокупностей значений сцепления почвы на подчинение закону нормального распределения с использованием статистического критерия χ^2 (табл. 1) [3]. В результате оказалось, что распределение фактических значений данных величин на исследуемых участках не подчиняется нормальному закону распределения. Тогда были проведены логарифмические преобразования и получены десятичные логарифмы фактических значений. Вновь полученные совокупности снова были исследованы на нормальность распределения с использованием критерия χ^2 (табл. 1). Логарифмически преобразованные значения подчиняются закону нормального распределения при уровне значимости 0,95 (95 %) и количестве степеней свободы 4. Таким образом, последующие операции пространственной интерполяции выполнялись с использованием логарифмически преобразованных величин.

Таблица 1
Статистические параметры рядов значений механического сцепления почвы

Параметры	Измеренные величины, участок 1	Измеренные величины, участок 2
Максимальное значение, кг/см ²	0,30	0,29
Минимальное значение, кг/см ²	0,15	0,16
Среднее значение, кг/см ²	0,21	0,22
Дисперсия значений	0,00044	0,00073
Среднеквадратическое отклонение	0,021	0,027
Коэффициент вариации, %	10,0	12,2
Значение критерия χ^2	43,07	52,84

Степень пространственной непрерывности исследуемой переменной может быть выражена полувариограммой. Крайгинг использует информацию из полувариограммы для нахождения оптимального множества весов для оценки поверхности в точках, отличных от точек измерений. Так как полувариограмма является функцией расстояния, то веса изменяются в соответствии с географическим положением точек опробования [4].

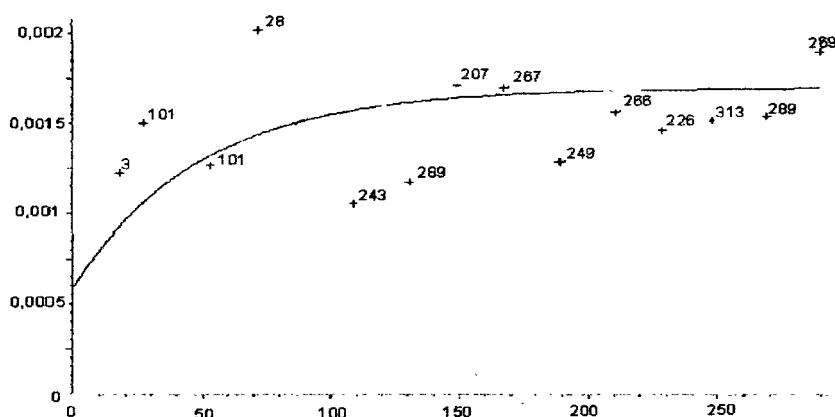


Рис. 1. Графическое отображение вариограммной модели, участок 1
Вариограммные модели, подобранные для исследуемых участков, имеют вид:
 $V1 = 0,00056 \text{ Nug}(0) + 0,001 \text{ Exp}(50)$ (участок 1)
 $V2 = 0,00071 \text{ Nug}(0) + 0,0014 \text{ Exp}(35)$ (участок 2)

Для определения радиуса корреляции значений точек подбирается вариограмма в виде определённой функции. Так, если для обычной интерполяции весовая функция подбирается как обратно пропорциональная квадрату расстояния, то для вариограммы, в зависимости от характера явления, существует несколько видов: сферическая, экспоненциальная, гауссова и др. [4]. Для интерполяции значений механического сцепления почвы на исследуемых участках подобраны вариограммы в виде экспоненциальной функции (рис.1). На рисунке по горизонтальной оси нанесены значения расстояний от точки опробования, а по вертикальной – значения полудисперсии ряда данных. Форма вариограммы и значение ее параметров (называемых в англоязычной литературе нагет, силт, рейндж) подбираются пользователем визуально.

Затем, согласно построенной вариограмме выполняется интерполяция и на экран выводится карта пространственного распределения механического сцепления почвы (рис. 2). Полученные карты с логарифмическими значениями посредством возможностей пакета *PCRaster* преобразованы в карты с нормальными величинами сцепления почвы.

По картам видно, что механическое сцепление почвы, значительно варьирует в пространстве (рис. 2). Причем наибольшие значения данной характеристики наблюдаются в верхних и нижних частях склона, где отмечены наименьшие уклоны, а также степень смытости почвы незначительная. В средней части склона, где большие уклоны и значительна дифференциация контуров эродированности почв в пространстве, а также изменяется степень увлажненности почвы, механическое сцепление характеризуется меньшими величинами.

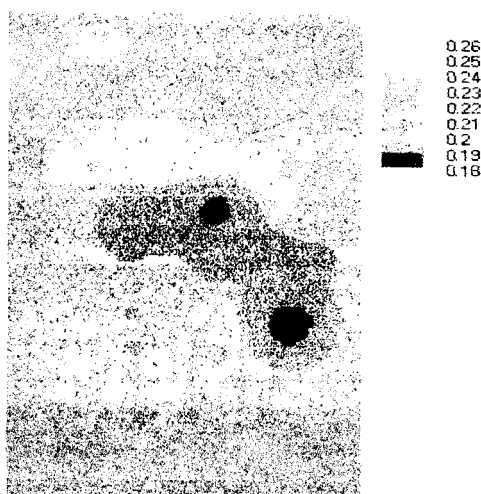


Рис 2. Карта пространственного распределения механического сцепления почвы ($\text{кг}/\text{см}^2$), участок 1

На приводораздельной поверхности значения сцепления почвы также изменяются в пространстве снизу вверх. По нашим ожиданиям механическое сцепление почвы должно было иметь большие числовые значения, чем на первом участке, поскольку здесь степень смывости почв незначительна, что связано с малыми уклонами поверхности. Но в данном случае большую роль в величине исследуемой характеристики противоэрозионной стойкости почв играет характер поверхности. На приводораздельном участке на момент измерений почва была в рыхлом состоянии после сравнительно недавней обработки, тогда как на участке 1 почва уплотнена.

Таким образом, полевые исследования характеристик противоэрозионной стойкости почв, статистический анализ полученных рядов измеренных величин, построение графиков связи расстояния по склону и значений сцепления почвы в точках по профилю и проведенная пространственная интерполяция в рамках пакета Gstat позволили определить, что данная величина характеризуется значительной дифференциацией в пространстве, что говорит о неоднородности почвенных условий и условий развития водной эрозии в пределах одной мезоформы рельефа. Поэтому рекомендуется учитывать пространственные изменения противоэрозионной стойкости почв при разработках математических моделей смыва почвы и проектировании противоэрозионных мероприятий.

Список литературы

1. Заславский М.Н. Эрозия почв. – М., 1979. – 228 с.
2. Morgan R.P.C., Quinton J.N., Smith R.E., Govers G., Poeson J.W.A., Auerswald K., Chisci G., Torri D., Styczen M.E. and Folli A.J.V. (1998) The European Soil Erosion Model (EUROSEM): Documentation and User Guide, Version 3.6. Silsoe College, Cranfield University.
3. Чертко Н.К. Математические методы в физической географии. – Минск: Изд-во “Университетское”, 1987. – 151 с.
4. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. Кн. 2. – М.: Недра, 1990. – 320 с.

Статья поступила в редакцию 02.02.2003 г.