

ЭРОЗИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

М. И. ДОЛГИЛЕВИЧ

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВ К ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ
И ЕЕ ПРИРОДА

Сила ударов почвенных частиц, переносимых ветром, о почвенные агрегаты достигает 0,52 Н. Почвенные комки выдерживают статическую нагрузку в 2,2—27,0 Н и разрушаются от многочисленных ударов мелкозема. Механическая прочность агрегатов чернозема обыкновенного, чернозема южного карбонатного и перегнойно-карбонатной почвы зависит от отношения содержания гумуса к содержанию карбонатов кальция и содержания ила в почве.

Сильные ветры вызывают перемещение большой массы мелкозема по поверхности почвы, при этом 7—25% общей массы перемещается волочением, 55—72% — прыжками [12]. Общий перенос эолового материала (Q) в приземном слое воздуха равен

$$Q = \int_{z_0}^{z_1} q dz, \quad (1)$$

где z_0 — параметр шероховатости; z_1 — высота и $q dz$ — градиент переноса эолового материала.

Пользуясь данными натурных исследований [3, 4, 8, 9], мы определили перенос эолового материала в приземном слое воздуха (табл. 1).

Таблица 1
Перенос эолового материала в приземном слое воздуха
(т/час на фронте шириной 100 м)

Эродируемая почва	Скорость ветра на высоте 1 м, м/с	Слой воздуха, см			
		0,1—0,4	0,1—10	0,1—50	0,1—200
Каштановая песчаная	8—10	46,6	64,9	65,8	67,0
Каштановая опесчаненная легкосуглинистая	8,3	2,8	5,7	6,3	6,6
Темно-каштановая супесчаная	10,2	374,8	485,9	489,1	489,6

Параметр шероховатости был принят равным 0,1 см, как это следовало из анализа профилей скоростей. Функция $q(z)$ зависит от особенностей почвы и скорости ветра. Например, при эрозии каштановой песчаной почвы ветром со скоростью 8—10 м/с $q = \frac{7590}{z^{1,88}}$, где q — перенос эолового материала, кг/час, а z — высота, см.

В приземном слое воздуха (0,1—10 см) передвигается наибольшее количество золотого материала (6—486 т/час). Если принять ширину поля, с которого выносился этот материал, равной 1000 м, то за 1 час выдувается слой почвы до 6,5 мм.

При ветровой эрозии разрушаются крупные почвенные комки под воздействием ударов передвигающихся эрозионных агрегатов и частиц. Это явление известно под названием абразии. Силу (в ньютонах), с которой эрозионные агрегаты воздействуют на неподвижные почвенные комки, можно рассчитать по формуле

$$F = \frac{P_a(v_1 - v_2)}{t} \text{ н,} \quad (2)$$

где P_a — вес эрозионного агрегата, кг; v_1 — скорость, с которой эрозионный агрегат падает на почву или движется по ее поверхности: $v_1 = \sqrt{v_2^2 + v_{кр}^2}$, здесь v — скорость ветра; $v_{кр}$ — критическая скорость ветра; v_2 — скорость агрегата в момент удара, равная 0; t — время.

Исходя из данных, представленных в табл. 1, в слое, равном высоте почвенного комка — 4 мм, передвигается до 375 т/час золотого материала. При скорости передвижения около 2 м/с сила, действующая на комок диаметром 4 мм в течение 1 сек. достигает 0,52 Н. Почвенные комки диаметром 4 мм выдерживают высокую статическую нагрузку, составляющую 0,22—2,76 кг, или 2,2—27,0 Н (табл. 2). За время ветровой эрозии такой комок получает большое количество ударов, в результате чего он разрушается.

Почвы, слабо развеваемые ветром, обладают высокой механической прочностью и, следовательно, высокой противоабразивной устойчивостью. Золотого материала на поверхности такой почвы мало, и он не в состоянии быстро разрушить почвенные комки. Примером почв с высокой противоабразивной устойчивостью могут служить черноземы мощные среднеглинистые, черноземы южные тяжелосуглинистые и особенно корковые солонцы.

Рассмотрим влияние тех или иных свойств почв на механическую прочность ее агрегатов.

Исследования показывают, что сопротивление почвенных блоков разрыву существенно зависит от состава поглощенных катионов [1]. Насыщенность почв натрием обеспечивает максимальную механическую прочность почв. Органическое вещество, вводимое в почву до 3—5%, лишь незначительно повышает ее механическую прочность.

В литературе имеются сведения о том, что механическая прочность агрегатов возрастает с увеличением в почве коллоидных или илистых частиц. Так, Бэкил (Boekil) [11] и Роговски (Rogowski) [13] обнаружили увеличение механической прочности агрегатов с увеличением содержания в почве органического вещества и глины. Кузнецова [7] нашла прямую зависимость между содержанием ила в агрегатах размером 3—5 мм и их механической прочностью. Коэффициент корреляции получен высокий — $0,86 \pm 0,03$, близкий к коэффициенту, полученному Роговски (0,87). Для безгумусных искусственных агрегатов получен более высокий коэффициент корреляции: $0,92 \pm 0,04$. Высокую связь между механической прочностью агрегатов бескарбонатной почвы и содержанием ила подчеркивал Шиятый [10].

Нами изучены зависимости механической прочности агрегатов от химических и физико-химических свойств почв степной зоны Украины, исследованных автором. Механическая прочность агрегатов размером 3—5 мм определяли прибором Виленского [5]. В карбонатных почвах, содержащих в верхнем горизонте свыше 0,3% карбонатов кальция, увеличение соотношения гумуса и карбонатов способствовало возрастанию механической прочности агрегатов. Корреляционное отношение, подтверждающее эту криволинейную зависимость, высокое: $0,78 \pm 0,08$

Таблица 2

Некоторые химические, физико-химические и физические свойства верхнего (0—3 см) слоя почв степной зоны Украины (средние данные)

Почва	Содержание, %					Гумус СаСО ₃	Степень дисперсности, %	Механическая прочность комков 3—5 мм, кг
	гумус	СаСО ₃	физическая глина	ил	сумма микроагрегатов <0,01 мм			
Чернозем мощный среднеглинистый	5,05	0,17	80,4	56,4	22,1	Нет	0,33	2,76
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	4,32	0,06	53,6	31,7	12,9	»	0,38	0,95
Чернозем обыкновенный смытый тяжелосуглинистый	4,06	2,76	59,5	41,1	11,8	1,5	0,44	1,22
Чернозем карбонатный легкоглинистый	3,38	1,13	66,4	44,9	Не опр.	3,0	0,43	1,19
Чернозем песчанисто-среднесуглинистый	2,71	0,41	31,5	22,8	»	6,6	0,22	0,40
Чернозем карбонатный сильносмытый тяжелосуглинистый	2,22	9,1	47,3	30,3	»	0,3	0,51	1,05
Перегноино-карбонатная среднеглинистая	3,70	16,38	78,4	59,5	7,2	0,2	0,45	0,80
Чернозем южный тяжелоглинистый и среднеглинистый	3,14	0,31	81,7	46,3	8,7	6,4	0,53	1,60
Чернозем южный легкоглинистый и тяжелоглинистый	3,38	0,07	61,5	39,7	7,4	Нет	0,40	1,12
Чернозем южный средне-суглинистый смытый	1,66	0,21	40,2	25,4	Не опр.	7,9	0,24	0,51
Чернозем южный слабокарбонатный тяжелосуглинистый и легкоглинистый	3,21	0,47	58,9	35,4	17,2	6,9	0,53	1,57
Чернозем южный карбонатный легкоглинистый	3,64	3,18	68,6	47,2	8,5	1,1	0,52	1,17
Чернозем южный карбонатный легкоглинистый смытый	3,04	15,38	67,2	44,9	16,1	0,2	0,72	1,09
Темно-каштановая легкоглинистая солонцеватая	3,46	0,07	62,2	37,9	18,0	Нет	0,41	0,33
Темно-каштановая супесчаная	0,89	0,26	16,8	12,1	5,0	3,4	0,24	0,22
Солонец среднестолбчатый тяжелоглинистый	1,67	3,44	83,5	39,6	22,2	0,5	0,76	0,61

(табл. 3). Однако еще Кин [6] приводил данные, свидетельствующие об уменьшении статической твердости почвы при прибавлении к ней мела или извести. Виленский [2] экспериментально показал, что удаление СаСО₃ из почвы путем ее промывки 0,2 n раствором HCl вызвало зна-

Таблица 3

Математическая оценка зависимостей между механической прочностью агрегатов и физико-химическими свойствами почвы

Показатель	Корреляционное отношение	Показатель	Корреляционное отношение
Механическая прочность и отношение гумуса к карбонатам кальция	0,78±0,08	Механическая прочность и содержание ила	0,65±0,12
Механическая прочность и степень дисперсности	0,68±0,10	Механическая прочность и содержание физической глины	0,61±0,13

чительное повышение механической прочности ее агрегатов. Вероятно, укрупнение коллоидных мицелл под влиянием электролита — CaCO_3 — ослабляет электростатические силы и силы Ван-дер-Ваальса, связывающие микроагрегаты и частицы почвы в агрегаты. Отсюда следует, что механическая прочность должна возрастать с увеличением количества глины и вообще дисперсного материала, обуславливающего высокую энергию поверхности почвенных частиц. Исходя из этого, мы исследовали влияние степени дисперсности почвы (дисперсность определена методом А. Н. Соколовского) на механическую прочность. Оказалось, что с увеличением степени дисперсности увеличилась механическая прочность агрегатов почвы диаметром 3—5 мм. Полученное корреляционное отношение — $0,68 \pm 0,10$ — указывает на достоверную связь между этими свойствами почв (табл. 3).

Примерно такую же зависимость мы получили для оценки связи между содержанием в почве ила и механической прочностью агрегатов и между содержанием глины и механической прочностью агрегатов. Корреляционные отношения равны соответственно $0,65 \pm 0,12$ и $0,61 \pm 0,13$ (табл. 3). Судя по этим величинам, механическую прочность агрегатов карбонатных почв определяет соотношение количества гумуса и карбонатов кальция. Существенное значение имеет также содержание высокодисперсных частиц.

Однако представляет значительный интерес анализ влияния некоторых физико-химических свойств почвы на механическую прочность ее агрегатов. Такой анализ сделан по определению степени влияния физической глины (x_1), ила (x_2), микроагрегатов с размером меньше 0,01 мм (x_3) и отношения содержания гумуса к содержанию карбонатов кальция (x_4) на механическую прочность агрегатов (y).

Уравнение множественной регрессии, составленное на ЭВМ «Мир» по данным табл. 2, имеет вид

$$y = -0,66 - 0,01 x_1 + 0,04 x_2 + 0,03 x_3 + 0,15 x_4. \quad (3)$$

Величина постоянных коэффициентов при x свидетельствует о степени влияния тех или иных свойств почвы на механическую прочность агрегатов. Так, наибольшее влияние на механическую прочность оказывают содержание ила (x_2) и отношение содержания гумуса к содержанию карбонатов кальция (x_4) для карбонатных почв.

Подставив в уравнение (2) средние значения соответствующих свойств карбонатных почв из табл. 2, получим механическую прочность, равную 1,13 кг/агрегат, что при доверительном уровне 95% превышает среднее значение механической прочности карбонатных почв на 8,6%. Используя лишь величины содержания ила и отношение содержания гумуса к содержанию карбонатов кальция, уравнение можно записать так:

$$y = -0,335 + 0,025 x_2 + 0,135 x_4. \quad (4)$$

Расчет механической прочности агрегатов карбонатных почв по уравнению (3) дает величину 1,07 кг/агрегат, что превышает среднюю величину (табл. 2) на 2,9%.

Уравнение типа (3) с параметрами x_2 и x_4 , составленное по данным анализа большего числа образцов, можно использовать для расчета механической прочности агрегатов карбонатных почв.

Выводы

1. Во время ветровой эрозии разрушение почвенных комков вызывается ударами переносимых ветром эрозионных агрегатов и частиц. Общая масса переносимого материала при скорости ветра 8—10 м/с на высоте 2 м достигает 490 т/час на фронте шириной 100 м.

2. Механическая прочность агрегатов карбонатных черноземов обыкновенных и южных, перегнойно-карбонатных почв в большей степени зависит от отношения содержания гумуса к содержанию карбонатов кальция и содержания ила в почвах, что подтверждается высокими корреляционными отношениями (0,65—0,78) и анализом уравнения множественных регрессий.

Литература

1. Вершинин П. В. и др. Физика почв. Л., 1958.
2. Виленский Д. Г. Агрегация почв, ее теория и практическое приложение. М., 1945.
3. Гаель А. Г., Смирнова Л. Ф. Ветровая эрозия легких почв каштаново-черноземной зоны СССР. Вестн. МГУ, сер. биол. почв, 1960, вып. 6, № 2.
4. Дьяченко А. Е., Макарычева Н. Т. Дефляция почв и агролесомелиоративные мероприятия в Северном Казахстане. М., 1959.
5. Качинский Н. А. Физика почвы. М., 1965.
6. Кин Б. А. Физические свойства почвы. М.—Л., 1933.
7. Кузнецова И. В. К вопросу о механической прочности почвенной структуры. Почвоведение, 1967, № 8.
8. Смирнова Л. Ф. О ветровой эрозии легких почв в Павлодарской области. Почвоведение, 1960, № 2.
9. Чакаетадзе Е. А. Ветровая эрозия темно-каштановых супесчаных почв Северного Казахстана. М., 1967.
10. Шиятый Е. И., Лавровский А. Б., Хмоленко М. М. Влияние механического состава на связность и ветроустойчивость почвенных комков. Почвоведение, 1972, № 2.
11. Voekil P. The effect of organic matter on the structure of clay soils. J. Agric. Sci., 1963, v. 11, № 4.
12. Chepil W. S. Dynamics of wind erosion. I. Nature of movement of soil by wind. Soil Sci., 1945, v. 60, № 4.
13. Rogowski A. S., Moldenhauer W. C., Kirham D. Rupture parametres of soil aggregates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1968, v. 32, № 5.

ВНИИАЛМИ
г. Волгоград

Дата поступления
27.II.1976 г.

M. I. DOLGILEVICH

ABRASION RESISTANCE OF SOILS AND ITS NATURE

The force of blows of transported by wind soil particles at soil aggregates reaches 0,52 N. Soil crumbs withstand a static load of 2,2—27,0 N and are destroyed by many blows of the fine earth during wind erosion. Mechanical strength of an ordinary chernozem, a southern calcareous chernozem and a humus calcareous soil depends to a great degree on the ratio humus content/calcium carbonate content and on the clay content in soil.
