

УДК 631.42

Н. С. ОРЕШКИНА, В. Р. ЗАБЛОЦКИЙ

СТАТИСТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ВАРЬИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕСНОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Приведены показатели нормальности распределения с коэффициентами асимметрии и эксцесса, а также показатели варьирования основных физических свойств лесной дерново-подзолистой почвы Московской области (по генетическим горизонтам). Дается объяснение причин значимо отличного от нормального распределения объемного веса, порозности, водопроницаемости и влажности почвы.

В настоящее время в почвоведении широко применяются различные методы статистической обработки материалов, что позволяет получать гораздо больше информации как об отдельных свойствах почв, так и о почвенном покрове изучаемой территории.

Для выбора метода обработки и планирования самого исследования крайне необходимо знать статистические характеристики свойств почвы. Такие характеристики желательно иметь хотя бы для основных генетических горизонтов наиболее распространенных типов почв.

В настоящей работе рассмотрены результаты получения статистических характеристик физических свойств дерново-подзолистой почвы, входящей в состав лесного биогеоценоза. Исследования проводили в июне 1975 г. на Биогеоценологической станции БИН АН СССР в Малинском лесничестве Московской обл. Объектом исследования служил участок леса площадью 20×20 м, однородный по рельефу, растительности и почве (в пределах подтипа). Лес — дубо-ельник волосисто-осоковый 80 — 90-летнего возраста 1-го бонитета, парцелла — мшисто-разнотравная. Почва — дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая покровным суглинком или мореной, верхняя граница которой прослеживается на глубинах от 0,5 до 1,5 м.

Участок был разбит на 100 квадратов площадью по 4 м^2 , в каждом из которых были определены следующие свойства почвы: мощность генетических горизонтов (с помощью почвенного щупа); объемный вес почвы (буром конструкции М. Н. Польского); общая порозность (рассчитана по формуле $1 - \frac{OB}{UB} \cdot 100\%$); влажность в процентах от веса сухой почвы (буровым способом, в тех же самых образцах, что и объемный вес); влажность в процентах от объема почвы (расчетом); водопроницаемость (скорость впитывания воды) с поверхности почвы (метод трубок диаметром 100 мм с высотой слоя воды в 100 мм при 10°); влажность почвы после определения водопроницаемости (буровым способом).

Кроме того, была определена полевая влагоемкость (НВ) методом заливаемой площадки в 1 м^2 . Бурение проведено через двое суток после окончания впитывания воды с 9-кратной повторностью.

Все свойства определяли в 5-сантиметровых слоях через 5 или 10 см в 100-кратной повторности. В таблице приведены их статистические показатели, а на рисунке — полигоны распределения.

Статистические показатели физических свойств лесной дерново-подзолистой почвы

Таблица

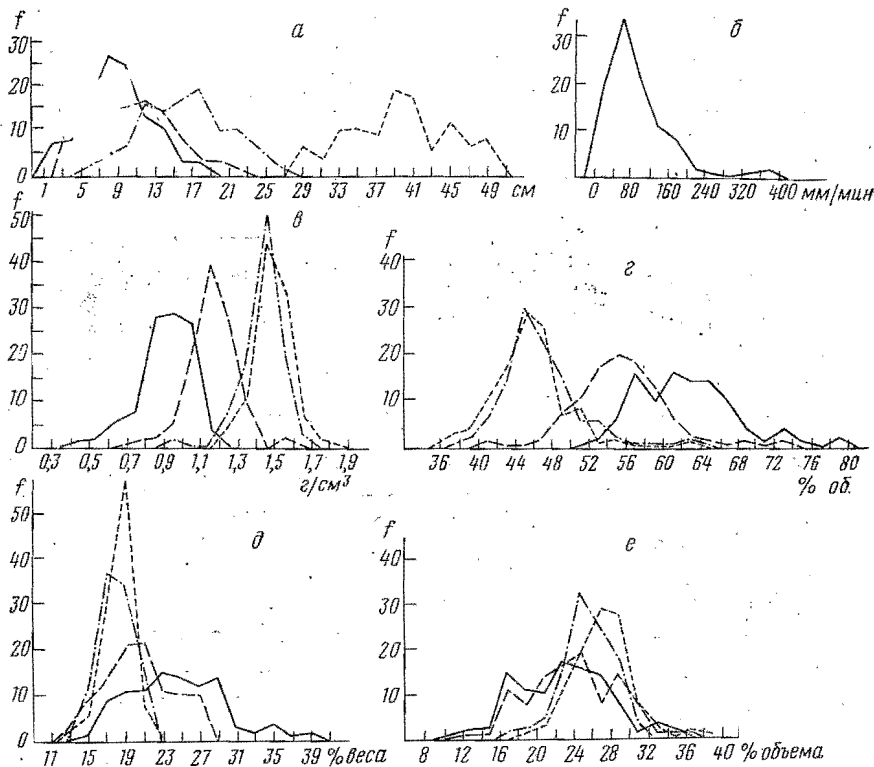
Свойства	Горизонт	Глубина, см	n	M	σ	v. %	t	P, %	P _{0,95}	Доверительный интервал (M±tm) при P = 0,95	Граница типичности (M±θσ)	к* (0,95)	A	E
Мощность горизонтов, см	A ₀	0—3								Не определялось				
	A ₁	3—11	99	7,8	3,3	43	0,33	4,2	8,2	7,2—8,4	5,6—10,0	5,5	+0,02	-0,21
	A ₁ /A ₂	11—26	99	15,4	4,5	29	0,45	2,9	5,7	14,5—16,3	12,3—18,5	4,5	+0,06	-0,64
	A ₂	26—30	21	5,0	1,0	19	0,21	4,2	8,2	4,6—5,4	—	—	—	—
	A ₂ /B ₁	30—39	96	9,6	4,6	48	0,47	4,9	9,6	8,7—10,5	6,5—12,7	8,2	+0,59	+0,12
Σ A	39	98	39,5	5,5	14	0,55	1,4	2,7	38,4—40,6	—	22,9*	+0,10	-0,70	
Объемный вес, г/см ³	A ₀ /A ₁	0—5	98	0,61	0,15	24	0,02	2,5	4,9	0,57—0,65	Не опр.	7,4	-0,04	-0,68
	A ₁	5—10	99	0,92	0,13	14	0,01	1,4	2,7	0,90—0,94	»	22,8*	-0,80*	+0,88
	A ₁ /A ₂	15—20	99	1,16	0,12	10	0,01	1,0	1,9	1,14—1,18	»	11,2*	-0,28	+1,76*
	»	25—30	100	1,37	0,10	7	0,01	0,7	1,4	1,35—1,39	»	0,66	+0,10	-0,34
	A ₂ /B ₁	35—40	100	1,44	0,10	7	0,01	0,7	1,4	1,42—1,46	»	39,6*	-1,25*	+4,45*
B ₁	45—50	100	1,47	0,11	7	0,01	0,6	1,2	1,45—1,49	»	32,6*	-1,14*	+4,77*	
Порозность, % объема почвы	A ₀ /A ₁	0—5								Не определялось				
	A ₁	5—10	99	61,7	5,3	9	0,53	0,8	1,6	60,7—62,7	Не опр.	22,9*	+0,77*	+0,58
	A ₁ /A ₂	15—20	99	54,5	4,5	8	0,45	0,8	1,6	53,6—55,4	»	33,0*	+0,52	+2,38*
	»	25—30	100	48,1	3,7	8	0,37	0,7	1,4	47,4—48,8	»	4,7	-0,22	-0,28
	A ₁ /B ₁	35—40	100	45,5	3,5	8	0,36	0,8	1,6	44,8—46,2	»	15,5*	+1,18*	+3,50*
B ₁	45—50	100	44,5	3,7	8	0,37	0,8	1,6	43,8—45,2	»	15,7*	+0,98*	+4,11*	
Влажность, % веса сухой почвы	A ₀ /A ₁	0—5	99	34,9	8,4	24	0,84	2,4	4,7	33,3—36,5	29,2—40,6	15,4	+0,23	-0,68
	A ₁	5—10	99	24,7	5,3	21	0,53	2,1	4,7	23,7—25,7	21,1—28,3	10,6	+0,49	-0,24
	A ₁ /A ₂	15—20	99	20,5	3,7	18	0,37	1,8	3,5	19,8—21,2	18,0—23,0	14,1	+0,09	-0,70
	»	25—30	100	17,9	2,6	15	0,26	1,4	2,7	17,4—18,4	16,1—19,7	8,0	-0,08	-0,56
	A ₂ /B ₁	35—40	100	17,9	2,0	11	0,20	1,1	2,1	17,5—18,3	16,5—19,3	3,1	-0,25	-0,26
B ₁	45—50	100	18,3	1,6	8	0,16	0,9	1,7	18,0—18,6	Не опр.	31,8**	-0,91*	+1,47*	

Влажность, % объема сухой почвы	A_0/A_1	0—5	98	21,5	5,8	27	0,58	2,7	5,3	20,4—22,6	17,6—25,4	4,9	+0,25	-0,65
	A_1	5—10	99	22,8	4,8	21	0,48	2,1	4,1	21,9—23,7	19,5—26,1	15,2	-0,04	-0,43
	A_1/A_2	15—20	99	24,0	4,7	20	0,47	1,9	3,7	23,1—24,9	20,8—27,2	13,9	-0,19	-0,39
	»	25—30	100	24,6	4,0	16	0,40	1,6	3,1	23,8—25,4	21,9—27,3	11,9	-0,13	-0,39
	A_2/B_1	35—40	100	25,8	3,0	12	0,30	1,2	2,3	25,2—26,4	23,8—27,8	13,8	-0,63	+0,74
	B_1	45—50	100	26,8	2,8	11	0,22	0,8	1,6	26,4—27,2	24,9—28,7	12,6	+0,09	+0,86
Водопрони- цаемость, мм/мин		С поверхнос- ти	100	93,0	72,4	78	7,24	7,8	15,3	78,8—107,2	Не опр.	41,2***	+1,84*	+4,95*
Влажность пос- ле промыва- ния, % веса сухой почвы	A_0/A_1	0—5	93	36,4	4,9	13	0,50	1,4	2,7	35,4—37,4	33,0—39,7	12,1	+0,46	-0,38
	A_1	5—10	100	27,5	3,1	11	0,31	1,1	2,1	26,9—28,1	Не опр.	33,7*	+1,13*	+1,60*
	A_1/A_2	10—15	97	23,4	2,4	10	0,24	1,0	1,9	22,9—23,9	»	11,9*	+0,28	+0,61
	»	15—20	98	21,0	2,2	10	0,22	1,1	2,1	20,6—21,4	19,5—22,5	2,7	+0,24	-0,35
	»	20—25	97	19,2	2,2	11	0,22	1,2	2,3	18,8—19,6	17,7—20,7	6,7	+0,18	+0,52
Полевая влагоем- кость, % веса сухой почвы	A_0/A_1	0—5	9	37,8	3,8	10	1,26	3,3	7,6	34,9—40,7	Не опр.			
	A_1	5—10	9	30,8	2,5	8	0,83	2,7	6,2	28,9—32,7	»			
	A_1/A_2	15—20	9	26,1	0,9	3	0,30	1,1	2,5	25,4—26,8	»			
	»	25—30	9	21,6	1,4	6	0,47	2,2	5,1	20,5—22,7	»			
	A_2/B_1	35—40	9	20,2	1,5	7	0,50	2,4	5,5	19,1—21,4	»			
	B_1	45—50	9	20,3	1,5	7	0,50	2,5	5,8	19,1—21,4	»			

Обозначения: n — число повторностей, M — среднее арифметическое, σ — среднее квадратическое отклонение, v — коэффициент вариации, m — ошибка среднего, P — точность определения, $P_{0,95}$ — относительная вероятная погрешность, χ^2 — показатель нормальности распределения; коэффициенты: A — асимметрии, E — эксцесса. t и θ находятся по таблицам (Дмитриев, 1972).

Значения достоверны с вероятностью — 0,95 — *; 0,99 — **; 0,999 — *** Значения недостоверны — ~.

Мощность отдельных генетических горизонтов в пределах элювиальной толщи (A_1 , A_1/A_2 и A_2/B_1) имеет близкое к нормальному распределение (рисунок, а). Суммарная же мощность их, т. е. слой от верхней границы гор. B_1 до нижней границы подстилки — ΣA распределена значительно отлчно от нормального с вероятностью 0,95 за счет отрицательного эксцесса. Это означает, что в данной совокупности из 100 точек, где замерялась мощность, оказалось меньше точек с мощностью горизонта ΣA , близкой к средней, чем должно быть при нормальном распределе-



Полигоны распределения физических свойств почвы

а — мощность генетических горизонтов, б — водопроницаемость почвы (с поверхности). в — объемный вес, г — порозность, д — весовая влажность, е — объемная влажность. сплош. линия — гор. A_1 (5—10 см), пунктир — гор. A_1/A_2 (15—20 см), точки — гор. A_2/B_1 (35—40 см), точки с тире — гор. B_1 (45—50 см)

нии. Видимо, в каждом отдельном генетическом горизонте наблюдалось случайное сочетание элементарных почвенных процессов, которое и привело к нормальному распределению его мощности. Анормальное распределение мощности горизонта ΣA , связанное с отрицательным эксцессом, видимо, объясняется тем, что в данном биогеоценозе существует некоторая периодичность в чередовании больших и малых мощностей этого горизонта, причем крайние значения мощностей встречаются чаще, чем промежуточные, близкие к средней величине.

Пространственная пестрота мощности каждого горизонта достаточно велика: коэффициент вариации равен примерно 30—40%; мощность элювиальной толщи в целом варьирует гораздо меньше, $v=14\%$. Видимо, факторы, вызывающие варьирование мощности горизонтов, суммируясь, как бы взаимно погашаются, т. е. пространственная пестрота выраженности элювиального процесса в лесу невелика, что указывает на однородность данного биогеоценоза по этому признаку.

Объемный вес почвы определяли путем взятия образцов с ненарушенной структурой из скважины, объем образца был равен $21,2 \text{ см}^3$.

Распределение ОВ оказалось в большинстве горизонтов значимо отличным от нормального, что вызвано отрицательной асимметрией или положительным эксцессом, а в гор. В₁ тем и другим одновременно (рисунок, в). Это связано с появлением в совокупности отдельных очень низких величин ОВ в точках, где имелись крупные поры, видимо, биогенного происхождения (корневые поры или ходы почвенных животных). Положительный эксцесс связан с преобладанием величин ОВ, близких к средней, и очень небольшим числом более высоких или низких его величин.

Значимые величины χ^2 с большими коэффициентами асимметрии и эксцесса на глубине 45—50 см, возможно, соответствуют переходному по механическому составу слою (средний или тяжелый суглинок — морена) или локальному появлению морены. Возможно также, что отрицательная асимметрия отчасти связана с малым объемом извлекаемого образца почвы, так как влияние на плотность почвы крупной поры, конечно, сильнее скажется на малом образце, чем на большом. Надо отметить, что в пахотной дерново-подзолистой почве распределение объемного веса в пахотном горизонте близко к нормальному [4, 5], а отмеченное в данном случае отличное от нормального распределение ОВ характерно для целинной лесной почвы.

Варьирование объемного веса закономерно уменьшается от поверхности до глубины 30 см с 24 до 7%, глубже оно остается постоянным, что указывает на довольно однородное сложение почвенной массы в гор. А₂/В₁ и В₁.

Общую порозность определяли расчетным путем, при этом использовали средние величины удельного веса твердой фазы почвы для каждого горизонта (данные Л. О. Карпачевского). Порозность горизонтов, имеющих значимо отличное от нормального распределение ОВ, распределена также значимо отлично от нормального, но это отличие вызвано уже не отрицательной, а положительной асимметрией, что вполне понятно (рисунок, г). В данном случае наблюдается пуассоновское распределение крупных пор, на что указывал Дмитриев [3].

Величина порозности уменьшается вниз по профилю соответственно увеличению объемного веса, степень же ее варьирования практически не изменяется с глубиной. Это, видимо, объясняется устойчивостью конфигурации порового пространства в профиле почвы [2]. Сложение — вообще очень консервативное свойство почвы, сопротивляющееся воздействию внешних факторов, поэтому пространственная пестрота порозности невелика и почти одинакова во всей полуметровой толще почвы.

Обработка данных по весовой влажности почвы показала, что ее распределение в пределах диапазона активной влаги близко к нормальному. Это относится ко всем горизонтам, кроме В₁ (глубина 45—50 см). На этой глубине распределение влажности значимо отлично от нормального из-за высокой отрицательной асимметрии и положительного эксцесса. При этом в подавляющем большинстве точек (85 из 100) влажность была близка к средней, в 7 точках — на 3—5% ниже средней, а в 8 точках на 3—4% выше средней (рисунок, д). В этих редких точках прослеживается тенденция соответствия пониженной влажности повышенному объемному весу и наоборот, что, возможно, связано с появлением на глубине 0,5 м редких участков морены или покровного суглинка.

Варьирование влажности полуметровой толщи почвы постепенно уменьшается с 24 в подстилке до 8% в гор. В₁, что подтверждает установленную ранее закономерность [1, 5].

Влажность в процентах от объема почвы была рассчитана для каждого отдельного образца по весовой влажности и объемному весу. Распределение ее во всех слоях является незначимо отличным от нор-

мального (рисунок, е). Даже в слое 45 — 50 см, где весовая влажность и объемный вес имели значимо отличное от нормального распределение, объемная влажность распределена близко к нормальному закону. По-видимому, и здесь проявляется тенденция соответствия пониженной влажности повышенному объемному весу, при перемножении величин которых и получаются близкие между собой величины объемной влажности, различающиеся только в силу случайного варьирования. Пространственная пестрота объемной влажности выражена величинами ν и σ того же порядка, что и весовой влажности, с глубиной степень ее варьирования также постепенно уменьшается с 27 до 11%.

Водопроницаемость дерново-подзолистой почвы в лесу высокая, в поверхностном горизонте она составляет около 100 мм/мин. Распределение ее значимо отлично от нормального с высокими положительными асимметрией и эксцессом (рисунок, б). Такое распределение водопроницаемости наблюдается во всех случаях, описанных в литературе, и связано с аналогичным (пуассоновским) распределением крупных влагонепроводящих пор [3].

Варьирование водопроницаемости по сравнению с остальными физическими свойствами лесной почвы велико, ν достигает 78%, но известно, что в других почвах его величина бывает равна 100 — 200% и более, так что для данного лесного биогеоценоза водопроницаемость почвы можно считать довольно однородной.

После определения водопроницаемости была определена влажность почвы в слое 0 — 25 см (предполагаемая глубина промачивания). Для этого поверхность почвы в трубках после окончания впитывания воды закрывали от испарения, и через сутки брали буром образцы для определения влажности. Из данных таблицы видно, что средняя влажность 5-сантиметровых слоев оказалась на 3 — 5% больше естественной влажности, но несколько меньше, чем полевая влагоемкость. Это объясняется неравномерностью промачивания и боковым растеканием влаги при малой заливаемой площади (около 80 см²).

Распределение влажности в верхнем, хорошо увлажненном слое, было близким к нормальному, такое же распределение наблюдалось в слоях 15 — 20 и 20 — 25 см, где средняя влажность оказалась очень близкой к естественной, так как почва практически не была промочена глубже 15 см. На глубинах 5 — 10 и 10 — 15 см, т. е. в неравномерно промоченном слое, распределение было значимо отличным от нормального. Здесь наблюдалось чередование промоченных и непромоченных объемов почвы, судя по положительной асимметрии с преобладанием последних, что обычно наблюдается при поливе почвы или после сильного дождя. Варьирование влажности в непромоченных слоях было близким к естественной почве, а в промоченных оно оказалось примерно вдвое меньше, так как при высокой влажности и малом расходе влаги на испарение пестрота увлажнения обычно бывает незначительной [6].

Выводы

1. Статистическое распределение показателей физических свойств дерново-подзолистой почвы под лесом в большинстве случаев незначимо отличается от нормального закона. Отлично от нормального распределение отмечено для объемного веса и порозности (что характерно для целинной почвы), а также для водопроницаемости.

Распределение весовой влажности значимо отличается от нормального в слоях неоднородных по механическому составу или по степени увлажнения, в остальных случаях оно близко к нормальному (в диапазоне активной влаги).

Распределение объемной влажности, а следовательно, и запасов влаги близко к нормальному, что позволяет рассчитывать запасы влаги, типичные для данного лесного биогеоценоза.

2. Для большинства показателей физических свойств лесной дерново-подзолистой почвы характерно уменьшение степени их пространственного варьирования с глубиной. Это, видимо, объясняется тем, что чем ближе к поверхности располагается горизонт, тем больше внешних факторов взаимодействуют в нем с почвой и между собой. С глубиной уменьшается степень и интенсивность воздействия этих факторов, кроме того, все они обладают пространственной пестротой, которая также больше выражена у поверхности и меньше на глубине (температура, количество и распределение осадков, насыщенность корнями, почвенной фауной и т. д.). Все это и приводит к закономерному уменьшению варьирования показателей свойств почвы в вертикальном направлении, но для разных свойств это уменьшение выражено различно, а для некоторых, например для порозности, почти отсутствует.

Литература

1. *Взнуздаев Н. А.* Пространственная изменчивость почвенной влажности и ее связь со структурой лесного биогеоценоза. В сб.: Почвенные комбинации и их генезис. «Наука», 1972.
2. *Воронин А. Д., Мануцаров А. С.* Свойства фракций механических элементов комплекса почв темно-каштановой подзоны. Вестн. МГУ, 1973, № 3.
3. *Дмитриев Е. А., Мануцаров А. С.* К объяснению причин асимметрии в распределении водопроницаемости. Почвоведение, 1968, № 7.
4. *Дмитриев Е. А.* Математическая статистика в почвоведении. Изв. МГУ, 1972.
5. *Орешкина Н. С.* О некоторых закономерностях варьирования влажности в модельной дерново-подзолистой почве. Почвоведение, 1971, № 9.
6. *Орешкина Н. С.* Водно-физические свойства и режим влажности модельной (насыпной) дерново-подзолистой почвы. Вестн. МГУ, 1972, № 2.

Факультет почвоведения
МГУ

Дата поступления
11.II.1976 г.

N. S. ORESHKINA, V. R. ZABLITZKY

STATISTICAL DISTRIBUTION AND VARIATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF A FOREST SODDY-PODZOLIC SOIL

Normality indices are presented (with asymmetry and excess coefficients, as well as indices of variation) in the distribution of the main physical properties in genetic horizons of a forest soddy-podzolic soil of Moscow region. An explanation is given of the reasons of a rather different from normal distribution of volume weight, porosity, water permeability, and moisture of the soil.