

О ВАРЬИРОВАНИИ ОБЪЕМНОГО ВЕСА И ВЛАЖНОСТИ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ВЫРУБКАХ

Ю. А. ОРФАНИТСКИЙ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Северное отделение института леса Академии наук СССР)

В. Г. ОРФАНИТСКАЯ

Кандидат сельскохозяйственных наук

(Архангельский лесотехнический институт)

Проводя любые почвенные исследования, мы сталкиваемся с варьированием почвенных признаков или свойств в пределах территории, занятой даже какой-либо одной почвенной разностью. Это варьирование обусловлено неоднородностью микрорельефа, пестротой растительного покрова и других факторов, влияющих на формирование почв и на процессы, в них протекающие.

Знание степени изменчивости свойств почв позволяет объективнее оценивать результаты исследований, относящихся к разным объектам. Обработка материалов исследований методами вариационной статистики дает возможность решать вопрос о минимальном количестве почвенных образцов для характеристики того или иного признака с желаемой степенью точности.

В связи с почвенными исследованиями на концентрированных вырубках Архангельской области перед нами неизбежно встал вопрос об изучении варьирования объемного веса и влажности почвы. Заранее можно было предполагать, что, на вырубках пестрота свойств почвы будет значительной, поскольку, помимо отмеченных выше общих факторов, обуславливающих пестроту почвенного покрова, здесь имеют значение еще и некоторые специфические факторы, например, неравномерность распределения по площади остатков древесины, невырубленных деревьев и т. п.

Если по пахотным сельскохозяйственным почвам интересующий нас вопрос освещен в ряде методических работ (П. А. Некрасов, И. С. Грабовский, 1928; Н. А. Качинский, 1930), краткие сводки из которых мы находим у Н. И. Саввинова и Е. И. Кочериной (1937), а также и у И. С. Васильева (1939), то по вопросу варьирования свойств лесных почв публикаций меньше.

Некоторые материалы, касающиеся сравнительной оценки разных методов определения объемного веса и скважности, приводятся у

В. З. Гулисашвили и А. И. Стратоновича (1935). Единственной, по-видимому, детальной методической работой по вопросу о влажности лесных почв подзолистой зоны (дерново-среднеподзолистый суглинок) является статья И. С. Васильева (1950).

На основании исследований в б. Центральном лесном заповеднике (Великолукская область) И. С. Васильев пришел к следующим основным выводам:

1. Влажность почвы участка сильно варьирует в пространстве.

2. При определении влажности изучаемой почвы могут быть получены средние величины с точностью до 10% и вероятностью (0,950), что требует 4—16-кратной повторности определения, различной в разных горизонтах.

В данной статье авторы касаются вопроса о варьировании объемного веса и влажности лесных подзолистых почв Севера.

МЕТОДИКА РАБОТЫ И ОБЪЕКТЫ

Работа проводилась летом (июль 1955 года) на территории Концгорского лесничества Виноградовского лесхоза близ лесопункта «Няводы». Объектами исследования были четыре пробных площади величиной 0,5 га, ограниченные на типичных участках луговиковых и долгомошных условно-сплошных концентрированных вырубках разных лет. На каждой пробной площади, в тщательно выбранных типичных местах, заложено по 10 неглубоких разрезов, в которых и произведено определение объемного веса и влажности почвы по горизонтам. Объемный вес определялся с помощью бура объемом 360 см³, высотой 5 см. Влажность почвы определялась обычным высушиванием образцов при температуре 100° С. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с вычислением средней арифметической (M), средней ошибки ($\pm m$), основного отклонения (σ), показателя точности (P), коэффициента вариации (V). Указанные статистические величины были рассчитаны по формулам:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}}; \quad m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad P = \frac{m}{M} \cdot 100; \quad V = \frac{\sigma}{M} \cdot 100.$$

Приводим краткую характеристику пробных площадей.

Проба I. Заложена на потенциально-луговиковой вырубке 1953 года (в условиях местопроизрастания, соответствующих ельнику-зеленомошнику). В покрове—полукустарнички и лесные травы; представлен моховой покров. Почва—сильно-оподзоленная валунная супесь, подстилаемая валунным суглинком. Приводим краткое морфологическое описание наиболее типичного (из 10) почвенного профиля:

A ₀	0—3 (4) см	— лесная подстилка;
A ₁	3—5	» — перегнойно-аккумулятивный. Выражен местами, не на всех стенках разреза;
A ₂	5—16	» — подзолистый. Белесый, плотноватый, свежий, супесчаный, в верхней части содержит много валунов;
B ₁	16—25	» — иллювиальный. Светло-охристый, плотноватый, свежий, супесчаный;
B ₂	25—38	» — буровато-краеный, плотноватый, свежий, супесчаный, внизу с суглинистыми языками;
B ₃	38—60	» — буро-красный, плотный, влажный, суглинистый;
D	60—160	» — красный валунный суглинок, плотный, влажный.

Проба II. Луговиковая вырубка 1951 года. По почвенно-топографическим условиям пробная площадь сходна с предыдущей. Отличие заключается в том, что горизонт A₀ местами представляет собой дернину с остатками лесной подстилки, а горизонт A₁ выражен на всех 10 разрезах. Живой напочвенный покров представлен в основном злаками с некоторым участием зеленых мхов. На пробе в значительном количестве встречается корнеотпрысковая поросль осины.

Проба III. Долгомощная вырубка 1951 года. По почвенным условиям пробная площадь близка к предыдущей. Травяной покров почти не выражен; сильно развит моховой покров, представлен преимущественно кукушкиным льном.

Мощность почвенных горизонтов по отдельным разрезам проб I и III приведена в табл. 1, а в табл. 2 показаны основные математические характеристики.

Сравнительно невысокие коэффициенты вариации и достаточная точность определения показывают, что почвенные условия на пробных площадях относительно однородны.

Таблица 1

Мощность почвенных горизонтов

№ при-копок	Проба I					№ прикопок	Проба III		
	мощность горизонтов в см				нача-ло В ₃		мощность го-ризонтов в см		Нача-ло
	A ₀	A ₁	A ₂	B ₁			A ₀	A ₂	
1	4,5	2	8,5	15	30	1	11	24	35
2	3,5	1,5	11	12	28	2	11	19	30
3	3	2	8	22	35	3	13	8	21
4	6	4	10	17	37	4	10	11	21
5	3,5	0	10,5	21	35	5	11	17	28
6	3	1	16	18	38	6	8	21	29
7	4	3	9	29	45	7	7	17	24
8	5	2	17	13	37	8	8	12	20
9	4,5	2,5	8	10	25	9	13	11	24
10	4	2	8	31	45	10	7	10	17

Таблица 2

Основные математические характеристики мощности почвенных горизонтов

№ пробных площадей	Горизонты	n	M	σ	m	V	P
I	A ₀ (лесная подстилка)	10	4,1	0,94	0,3	22,8	7,2
	A ₁	10	2,0	1,08	0,3	54,0	17,1
	A ₂	10	10,6	3,30	1,0	31,1	9,8
	B ₁	10	18,8	7,02	2,2	37,4	11,8
	начало В ₃	10	31,5	6,56	2,1	18,5	5,9
III	A ₀ (торфянистый)	10	9,9	2,28	0,7	23,0	7,3
	A ₂	10	15,0	5,33	1,7	35,5	11,3
	начало В ₁	10	25,0	5,50	1,7	22,0	7,0

Проба IV. Заложена на долгомощной вырубке 1954 года (в лесорастительных условиях типа леса ельник-черничник влажный). Травяной покров слабо развит, моховой — значительно сильнее и представлен, главным образом, кукушкиным льном. Почва — торфянистый оглеенный супесчаный подзол, подстилаемый валунным суглинком. Профиль типичного разреза представляется в следующем виде:

A₀ 0 — 11 см — торфянистый;
A₂(θ) 11 — 29 » — подзолистый оглеенный. Буровато-серый, плотноватый, влажный, супесчаный;

- B_1 (δ) 29— 39 см — иллювиальный, гумусово-железистый. Коричневато-темнобу-
рый, плотноватый, влажный, супесчаный;
 B_2 (δ) 39— 77 » — очень плотный, супесчаный;
Д 77—100 » — красноватый опесчаненный суглинок.

ВАРЬИРОВАНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА

Определение объемного веса почвы должно производиться как мож-
но точнее, поскольку эта величина является основой для расчета скваж-
ности (порозности) и используется для перевода весовой влажности в
объемную и в ряде других случаев. И. С. Васильев (1950) считает не-
обходимым определять объемный вес с точностью не ниже 5%.

Из табл. 3 следует, что значения объемного веса верхних почвенных
горизонтов в общем мало варьируют в пространстве (коэффициент ва-
риации не превышает 12%).

Т а б л и ц а 3

Основные математические характеристики объемного веса почвы

№ пробных площадей	Горизонты	Глубины взятия образцов в см	n	M	σ	m	V	P
I	A_2	5—10	10	1,44	0,084	0,03	5,7	1,8
II	"	5—10	10	1,44	0,083	0,03	5,8	1,8
III	"	15—20	10	1,39	0,170	0,05	12,2	3,9
IV	"	10—15	10	1,41	0,154	0,05	10,9	3,5
III	A_0 (торфянистый)	5—10	5	0,18	0,102	0,05	26,6	25,3
I	B_1	20—25	10	1,45	0,179	0,06	12,3	3,9
II	"	20—25	10	1,29	0,081	0,03	6,3	2,0
III	"	25—30	10	1,47	0,130	0,04	8,8	2,8
IV	"	30—25	5	1,42	0,101	0,05	7,2	3,2
I	B_3	35—40	3	1,56	0,045	0,03	2,8	1,6
II	"	40—45	3	1,56	0,036	0,02	2,3	1,3
III	$B_2(\delta)$	40—45	3	1,90	0,041	0,02	2,1	1,2

Во всех случаях отмечается пестрота объемного веса горизонта B_3 по сравнению с верхними горизонтами.

Резко выделяется высоким коэффициентом вариации (56,6%) тор-
фянистый горизонт на долгомошной вырубке, что обусловлено неоднородностью сложения этого горизонта.

Установить какую-либо закономерность в отношении различия в степени варьирования по типам вырубков (с одной стороны, пробы I и II — луговиковые вырубки, и с другой — пробы III и IV — долгомошные вырубки) в общем не удастся. Лишь в подзолистом горизонте коэффициенты вариации для луговиковых вырубков значительно меньше, чем для долгомошных. Это находит себе объяснение в большей пестроте условий почвообразования на последних вырубках.

Следует отметить трудность определения объемного веса в услови-
ях завалуненных почв, в особенности для горизонта A_2 . Здесь зачастую приходилось браковать несколько образцов уже после их взвешива-
ния — при удалении почвы из цилиндра, поскольку в них обнаружива-
лись камни.

Использование буров меньшего размера, а именно объемом 100 см³ не помогало делу; значения объемных весов, определенных для одного и того же объекта бурами разных размеров, получались близкими между собой.

ВАРИРОВАНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Пестрота влажности почвы на пробных площадях выше, чем объемного веса (см. табл. 4), что объясняется большей динамичностью влажности почвы, чем объемного веса. Особенно выделяется высокими коэффициентами вариации торфянистый горизонт на долгомошной вырубке (43,9%).

Таблица 4

Основные математические характеристики весовой влажности почвы

№ пробных площадей	Горизонты	Глубины взятия образцов в см	n	M	σ	m	U	P
I	A ₂	5—10	10	20,4	2,05	0,65	10,1	3,2
II	"	5—10	9	12,5	2,91	0,74	23,3	5,9
III	"	15—20	10	25,5	5,59	1,77	22,0	6,9
IV	"	10—15	10	28,4	7,28	2,31	25,7	8,1
III	A ₀							
	(торфян.)	5—10	5	336,8	147,8	65,9	43,9	19,6
I	B ₁	20—25	10	21,5	5,26	1,67	24,5	7,7
II	"	"	9	19,1	3,02	1,01	15,8	5,3
III	"	25—30	10	19,7	3,54	1,18	18,0	6,0
IV	"	30—35	5	27,6	5,70	2,55	20,7	9,2
I	B ₃	35—40	3	18,5	0,92	0,53	5,0	2,9
II	"	40—45	3	15,4	2,85	1,65	18,5	10,7
III	B ₃ δ)	"	3	12,4	3,06	1,77	24,7	14,3

Известно, что для сравнения водного режима объектов с разным объемным весом (например, минеральные и органические горизонты почвы) более наглядное и правильное представление дает объемная влажность. Так как при ее расчете учитывается объемный вес, то можно ожидать, что варьирование объемной влажности будет отличаться от варьирования весовой влажности. Мы вычислили объемную влажность для торфянистого горизонта почвы на пробе III и произвели математическую обработку результатов.

Таблица 5

Объемная и весовая влажность почвы пробной площади III в горизонте A₀ (торфянистом)
Глубина взятия образцов 5—10 см

Влажность	n	M	σ	m	V	P
Объемная	5	48,9	3,97	1,77	8,1	3,6
Весовая	5	336,8	147,8	65,9	43,9	19,6

Сравнение с математической характеристикой весовой влажности на этой пробе показывает, что варьирование объемной влажности в несколько раз меньше, чем весовой влажности. И это всего лишь при пятикратной повторности. Указанное обстоятельство должно учитываться в практике исследований водного режима почв.

Степень варьирования весовой влажности на вырубках разных типов почти одинакова. В пределах одного и того же типа вырубков различия в варьировании наблюдаются среди вырубков разных лет. Так,

при достоверной разнице во влажности горизонта A_2 (глубина 5—10 см) на пробах I (вырубка 1953 года) и II (вырубка 1951 года), при меньшей влажности во втором случае *, коэффициент вариации на пробе II выше, нежели на пробе I, с относительно повышенной влажностью почвы. Для горизонта B_1 , при почти одинаковой влажности, различия коэффициентов вариации менее выражены.

О ПОВТОРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОГО ВЕСА И ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

В начале статьи мы уже отмечали, что математическая обработка результатов исследований позволяет решить вопрос о необходимом минимальном числе наблюдений для получения средних величин с желаемой точностью. Из руководств по вариационной статистике известно, что число точек наблюдения (n), коэффициент вариации (V) и точность исследования (P) связаны следующей зависимостью: $n = \frac{t^2 \cdot V^2}{P^2}$, где t —

коэффициент доверия, означающий отношение числа случаев, в которых точность выше или равна заданной, к числу случаев, в которых точность ниже принятой. При коэффициенте доверия равном 1, обеспечивается получение верных данных (то есть точностью выше принятой) лишь в двух случаях из трех, что явно недостаточно. При коэффициенте доверия 2, обеспечивается 19 верных определений из 20 и при коэффициенте 3—384 из 385, то есть в последнем случае вероятность практически переходит в достоверность. Наблюдения с вероятностью 0,996 практически неосуществимы при определении объемного веса и влажности почвы, так как требуется очень большая повторность: достаточно бывает вероятности 0,950 (коэффициент доверия — 2). Последнее мы и приняли в дальнейших расчетах.

В табл. 6 приведены результаты расчета числа наблюдений при заданных P и V . В табл. 7 показаны минимальные количества образцов для получения среднего значения желаемой точности.

Таблица 6

Число наблюдений при заданных P и V по формуле $n = \frac{t^2 \cdot V^2}{P^2}$ при $t=2$

VP	1	2	3	5	10	15	20	25	30
2	16	4	2	1					
3		9	4	2	1				
4		16	7	3	1				
5		25	11	4	1				
6			16	6	1				
7			22	8	2				
8				10	3	1			
9				13	3				
10				16	4	2			
11				19	5				
12				23	6				
13					7	3			
14					8	3			
15					9	4			
16					10	5	3		
17					12	5	3		
18					13	6	3		
19					14	6	4		
20					16	7	4		
21					18	8	4		
22					19	9	5		
23					21	9	5		
24					23	10	6	4	
25					25	11	6	4	
26					27	12	7	4	
27						13	7	5	
28						14	8	5	
29						15	8	5	
30						16	9	6	4

* Меньшая влажность, по-видимому, здесь связана с большим развитием расходуемой влагу верхних слоев травянистой растительностью и пониженной защитной от испарения влаги ролью лесной подстилки в связи с меньшей ее мощностью, а местами и отсутствием.

При точности определения объемного веса не ниже 5%, а для влажности — не менее 10%, повторность взятия образцов по отдельным почвенным горизонтам широко варьирует. Следует иметь в виду, что приводимые данные относятся к летнему, сравнительно сухому периоду и не могут претендовать на универсальность. Правда, в отношении объемного веса, по-видимому, может быть сделано исключение, поскольку в литературе до сих пор не затрагивался вопрос о сезонной динамике этого свойства почвы.

Таблица 7

Число образцов для получения среднего значения
желаемой степени точности

№ пробных площадей	Горизонты	Глубины взятия образцов в см	Значения коэффициентов вариации	Минимальное число образцов для получения среднего с точностью в %										
				1	2	3	5	10	15	20	25	30		
Объемный вес														
III	A ₀	5—10	57										21	14
	торф.													
I	A ₂	5—10	6				16	6	1					
II	"	5—10	6				16	6	1					
III	"	15—20	12					23	6					
IV	"	10—15	11					19	5					
I	B ₁	20—25	12					23	6					
II	"	20—25	6				16	6	1					
III	"	25—30	9					13	3					
IV	"	30—35	7				22	8	2					
I	B ₃	35—40	3		9			4	2					
II	B ₃	40—45	2	16	4			2	1					
III	B ₂₍₀₎	40—45	2	16	4			2	1					
Весовая влажность														
I	A ₂	5—10	10					16	4	2				
II	"	5—10	23						21	9	5			
III	"	15—20	22						19	9	5			
IV	"	10—15	26						27	12	7	4		
I	B ₁	20—25	25						25	11	6	4		
II	"	20—25	16						10	5	3			
III	"	25—30	18						13	6	3			
IV	"	30—35	21						18	8	4			
I	B ₃	35—40	5		25	11	4		1					
II	"	40—45	19						14	6	4			
III	B ₂₍₀₎	40—45	25						25	11	6	4		

Число образцов для получения среднего значения объемного веса с точностью не ниже 5% для верхних горизонтов (A₂ и B₁) колеблется в пределах 6—23, причем для подзолистого горизонта почв долгомошных вырубков (пробы III, IV) необходима значительно большая повторность, чем для луговиковых вырубков (пробы I, II). Для суглинистого горизонта B₃ достаточно трехкратной повторности для всех участков.

Особняком стоит торфянистый горизонт с его неоднородным сложением; здесь приходится отказываться от точности в 5% и довольствоваться меньшей при максимальном, практически возможном, числе образцов (20 и более). Назвать эту точность на основании наших данных не представляется возможным, поскольку расчеты для горизонта A₀ сделаны на основании только пяти наблюдений.

Повторность взятия образцов для определения весовой влажности

почвы с точностью не ниже 10% получается в общем очень большой (до 27), так что практически приходится довольствоваться точностью 15%, для получения которой необходимо брать примерно 10 образцов в горизонте A_2 и 5—10 в горизонте В. На двухлетней потенциально-луговой вырубке (проба I) при этой повторности будет достигнута точность порядка 10% (исключая горизонт B_1).

При каждом уменьшении повторности необходимо особенно тщательно выбирать места взятия образцов — они должны быть типичными для участка наблюдений.

Для определения весовой влажности торфянистого горизонта даже с низкой точностью 20% в наших условиях получается необходимой большей повторностью (19). В то же время при определении объемной влажности с точностью 10% необходимо всего три наблюдения.

Т а б л и ц а 3

Объемная и весовая влажность почвы пробной площади III
в горизонте A_0 (торфянистом)
Глубина взятия образцов 5—10 см

Влажность	Значение коэффициентов вариации	Минимальное число образцов для получения среднего с точностью в %					
		5	10	15	20	25	30
Объемная	8		78	35	19	12	9
Весовая	44	10	3	1			

При возможности одновременно с весовой влажностью определять и объемный вес, необходимо вычислять объемную влажность.

Все изложенное в данной работе в отношении варьирования объемного веса и влажности почв позволяет сделать следующие выводы:

1. Объемный вес и влажность сильнооподзоленной валунной супесчаной почвы, подстилаемой валунным суглинком на луговых вырубках в ельнике-зеленомошнике и торфянистом оглеенного супесчаного подзола, также подстилаемого валунным суглинком на долгомошных вырубках во влажном ельнике-черничнике, сильно варьирует в пространстве.

2. Для определения объемного веса исследованных почв, с точностью не ниже 5% и при вероятности 0,950, в горизонте A_2 необходима примерно двадцатикратная повторность; в горизонте B_1 — десятикратная; для горизонта B_3 (суглинистый, на глубине около 40 см) достаточно трехкратного определения.

3. При определении весовой влажности с той же вероятностью 0,950 приходится довольствоваться точностью 15% и брать 10 образцов в горизонте A_2 и 5—10 образцов — горизонте В.

4. Для весовой влажности горизонта A_0 торфянистого оглеенного подзола точность определения 15% может быть достигнута лишь при тридцатипятикратной повторности взятия образцов. Для определения же объемной влажности с точностью 10% необходимо всего три образца.

В заключение следует отметить, что точность исследований каких-либо свойств почвы, (а значит и повторность взятия образцов) зависит от поставленной цели. Если для характеристики количественной стороны почвенных процессов необходима высокая точность, для получения которой приходится брать значительное количество образцов, то качественная сторона процессов, их направленность часто может быть выявлена и при небольшом числе образцов.

ЛИТЕРАТУРА

Васильев И. С. К методике определения влажности почв. «Проблемы советского почвоведения», сб. 9, М., 1939, Васильев И. С. О наблюдениях над влажностью почвы в лесу. «Труды Почвенного ин-та АН СССР», т. 31, М., 1950; Гулисашвили В. З., Стратонович А. И. Физические свойства лесных почв и их изменения под влиянием лесохозяйственных мероприятий. Гослестехиздат, Л., 1935. Качинский Н. А. Изучение физических свойств почвы и корневых систем растений при территориальных почвенных исследованиях. Госсельиздат, 1930. Некрасов П. А., Грабовский И. С. Изучение пестроты, скважности, влажности и капиллярной влагоемкости в почве по способу наименьших квадратов. «Научно-агрономич. журнал» № 10, 1928. Саввинов Н. И., Кочерина Е. И. Варьирование физических свойств компонентов солонцового комплекса. Труды комиссии по ирригации АН СССР, вып. 9, М. — Л., 1937.

Поступила в редакцию
22 ноября 1957 г.