

УДК 631.45: 631.61

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПОСЛЕ ОСУШЕНИЯ

П.К. Черник, Н.М. Авраменко, кандидаты технических наук

О.А. Рудой, научный сотрудник

Р.Г. Слагада, аспирант

Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

Создание аэробных условий после осушения обуславливает минерализацию (разложение) органического вещества торфа и трансформацию через определенные периоды времени торфяных почв по мере снижения в них органического вещества в новые типы почв, вплоть до минеральных. Снижение содержания органического вещества в торфяных почвах является неизбежным процессом. Его интенсивность зависит от целого ряда факторов, воздействие каждого из которых непостоянно во времени. Поэтому важно знать закономерности изменения свойств торфяных почв под воздействием различных факторов для принятия решений по рациональному использованию этих почв на разных стадиях их трансформации, а также для принятия инженерных решений при разработке проектов реконструкции мелиоративных систем.

В литературе встречаются противоречивые данные о характере и количественных значениях изменений показателей свойств и состава торфяных почв в процессе сельскохозяйственного использования. Это связано, в первую очередь, с неоднозначным трактованием отдельных терминов и определений. Такие термины, как сработка, убыль торфа, снижение мощности залежи, снижение содержания органического вещества, описывающие различные процессы, часто отождествляются. Эти процессы характеризуются разными по величине значениями показателей. Кроме того, количественное воздействие каждого из факторов, определяющих трансформацию свойств торфяных почв, постоянно изменяется во времени.

После осушения под действием капиллярных сил, возросшей величины нагрузки от массы (веса) вышележащих слоев происходит уплотнение торфа и снижение мощности залежи (толщины слоя торфа). Так как торф обладает выраженными свойствами ползучести, то уплотнение продолжается практически бесконечно с постоянно снижающейся скоростью. Максимальная интенсивность процесса уплотнения наблюдается в начальный период, сразу после осушения, затем она поступательно снижается. Кроме указанных факторов на процесс уплотнения оказывает воздействие сельскохозяйственная техника, а в пахотном слое и обработка почвы.

В результате уплотнения уменьшается мощность залежи (толщина слоя), и понижается поверхность массива торфа. Но этот процесс не вызывает убыли торфа, а обуславливает лишь возрастание плотности сухой почвы (содержание твердой фазы в еди-

нице объема). Трансформация торфяных в другие типы почв определяется снижением в них органического вещества в результате его минерализации, потерь от ветровой, водной и технической эрозии. Влияние каждого из указанных факторов на снижение содержания органического вещества определяется свойствами торфа до осушения (генетическим типом торфа), характером сельскохозяйственного использования, природно-климатическими условиями. При этом влияние указанных факторов на снижение содержания органического вещества на различных стадиях трансформации торфяных почв определяется неоднозначно.

Для определения содержания органического вещества в рассматриваемый момент времени необходимо знать распределение плотности сухого торфа $\rho_{\text{с}}$ и его степени зольности D_{ash} по всему почвенному профилю. Плотность сухой почвы непосредственно не определяется, так как определение объема высушенного образца является сложной задачей. Поэтому ее определяют расчетом по плотности и влажности образцов почвы с ненарушенной структурой, отобранных гильзой известного объема, как отношение массы сухого образца к объему гильзы, а не к объему сухого образца. Так как влажность торфяной почвы постоянно изменяется, то и плотность сухого торфа в зависимости от того, в какой период года производился отбор образцов, также изменяется.

После осушения снижение толщины отдельных слоев торфа в результате уплотнения происходит не одинаково по глубине, поэтому для изучения изменения показателей свойств торфа во времени следует отбирать образцы из слоев, расположенных на глубине, эквивалентной глубине расположения каждого слоя до осушения. Однако для этого необходимо знать закономерности уплотнения отдельных слоев во времени, или иметь данные инструментальных определений уплотнения отдельных слоев. Такие данные имеются в крайне ограниченном количестве. Торф в естественном состоянии характеризуется сильной изменчивостью показателей свойств как по глубине, так и по простиранию (по площади), что обусловлено постоянной изменчивостью условий торфообразования. Обычно же определяют показатели свойств на одинаковой глубине от поверхности торфа, как для осушенного, так и неосушенного.

Интенсивность уплотнения по глубине значительно отличается и не пропорциональна глубине, поэтому полученные таким образом данные являются несопоставимыми, так как они относятся к разным генетическим типам торфа с различными показателями свойств до осушения.

На рис. 1 показано изменение плотности сухого торфа $\rho_{\text{д}}$ и степени его зольности D_{ash} по глубине и во времени для одного почвенного разреза на Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗиЛ). Приведенные данные свидетельствуют об указанном выше характере процессов уплотнения торфа во времени и о значительной вариабельности свойств, связанных с неоднородным составом торфа.

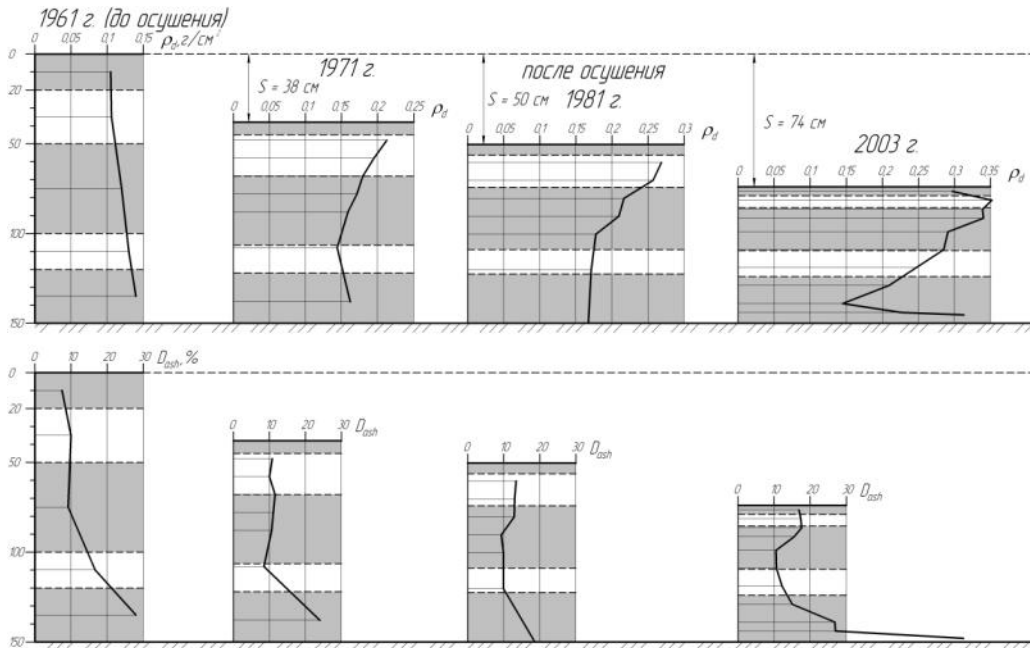


Рис. 1. Изменение ρ_d и D_{ash} по глубине и во времени.

На рис. 2 показано изменение относительных деформаций уплотнения слоев торфа S/H (где S – деформация уплотнения слоя, H – толщина слоя до осушения) по глубине и во времени для трех почвенных разрезов. Показанное на рисунке распределение по глубине относительных деформаций уплотнения S/H является характерным и для других почвенных разрезов.

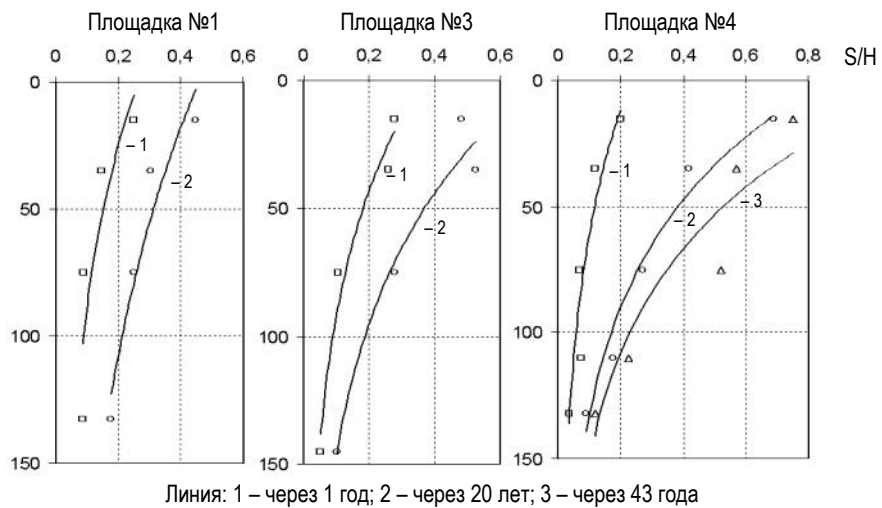


Рис. 2. Изменение относительных деформаций уплотнения слоев торфа S/H по глубине и во времени

При изучении изменения свойств торфа во времени следует отбирать образцы из тех горизонтов, которые эквивалентны горизонтам, из которых производился отбор образцов до осушения.

Однако для этого необходимо знать деформации уплотнения отдельных слоев или закономерности их уплотнения во времени.

Зная закономерности изменения плотности по глубине, изменения плотности торфа для отдельных слоев до осушения (по данным инженерно-геологических изысканий) и величину осадки поверхности в рассматриваемый момент времени (по данным вертикальной съемки для реконструкции мелиоративных систем), можно вычислить плотность сухого торфа ρ_d для любого слоя по формуле:

$$\rho_d = \frac{c_{do}}{1 - \frac{S}{H}}, \quad (1)$$

где ρ_{do} – плотность сухого торфа в рассматриваемом слое до осушения, г/см³.

Вторым фактором, определяющим содержание в торфе органического вещества, является степень зольности, которая так же, как и плотность сухого торфа, значительно изменяется и по глубине, и по простиранию. За счет зольных элементов, высвобождающихся в результате разложения органического вещества после осушения, а также за счет ветровой, водной и технической эрозии степень зольности постоянно увеличивается.

Проведенные исследования показали, что на площадях, где не происходила припашка подстилающих торф минеральных грунтов, степень зольности изменяется настолько незначительно, что при сильной вариабельности ее по глубине залежи определить эти изменения по применяемым методам практически невозможно.

В табл. 1 приведено распределение степени зольности D_{ash} по глубине для почвенных разрезов, заложенных на участке площадью 0,8 га, через 43 года после осушения на ПОСМЗил.

Разрезы 1-3 расположены на необрабатываемых площадках, а разрезы 4-6 – на обрабатываемой площади (в севообороте).

До осушения в 1961 г. на данном участке были оборудованы осадочными марками три площадки с различной глубиной торфа для наблюдения за послойным уплотнением торфа. Приведенные данные получены по результатам анализов больших образцов объемом 880 см³ каждый, отобранных через 5 см по глубине всего почвенного профиля. На площадках, оборудованных осадочными марками, обработка почвы не производилась, а остальная площадь вокруг них использовалась в полевом севообороте.

До осушения в 1961 г. разность отметок поверхности на рассматриваемом участке не превышала 5 см, а мощность торфа варьировала в пределах от 71 до 200 см. После осушения в результате неравномерной осадки из-за различной мощности торфа образо-

Таблица 1. Распределение степени зольности по глубине

Глубина от поверхности, см	До осушения	Номера почвенных разрезов после осушения					
		1	2	3	4	5	6
0-5		32,1	18,0	16,2	23,5	48,0	16,9
5-10	7,5	36,7	16,8	21,6	21,7	60,2	17,4
10-15		36,5	14,0	21,0	22,0	46,1	17,6
15-20	5,5	6,5	6,8	9,4	20,8	49,9	15,5
20-30		6,7	5,5	10,5	8,98	84,9	11,0
30-40	6,3	20,8	6,2	7,3	6,34	94,1	12,6
40-50	13,2	19,8	10,4	12,2	6,44		23,9
50-60		64,6	9,1	49,0	7,98		36,2
60-70	9,2	95,4	12,7	61,8	8,09		26,8
70-80			9,0	89,9	6,97		27,2
80-90			20,3		12,2		88,8
90-100			15,4		22,9		
100-110			39,2		99,2		
110-120			96,8				

вался бугристый рельеф с перепадом отметок поверхности в 60 см на рассматриваемом участке небольшой площади.

Как следует из приведенных в таблице данных, изменения степени зольности торфа за 43 года произошли в верхнем пахотном горизонте. Установить количественные изменения степени зольности торфа в нижележащих горизонтах практически невозможно, даже применяя нестандартную методику, из-за сильной вариабельности зольности по глубине во всех почвенных горизонтах.

Значительное увеличение степени зольности в верхнем слое в почвенном разрезе №1 является следствием пожара на площадке, в результате которого верхний слой торфа выгорел, а в разрезе №5 резкое увеличение степени зольности произошло из-за припашки песка, подстилающего торф. В табл. 2 приведены показатели физических свойств и содержание органического вещества на опытном стационаре ПОСМЗил, используемом до осушения под травами (по данным Барсукова), и полученные нами в 2004 г., через 43 года после осушения.

Средняя глубина торфа до осушения в 1961 г. была принята равной 63 см, хотя по результатам определения свойств она не превышала на рассматриваемом участке 50 см, а ниже был заторфованный песок.

В 2004 г. на участке были отобраны образцы почв большого объема через 5 см по всей глубине почвенного профиля, как в понижениях, так и на повышенных элементах рельефа. В табл. 2 приведены результаты определения показателей свойств для двух почвенных горизонтов на глубине 0-8 и 30-38 см (первые две строчки в таблице для каждого из горизонтов относятся к понижениям, а вторые – к повышенным элементам рельефа).

Как следует из таблицы, несмотря на небольшую площадь участка (0,7 га), но из-за различной мощности торфа до осушения, через 43 года на нем зафиксированы все

Таблица 2. Показатели физических свойств торфа и содержание органического вещества на опытном стационаре ПОСМЗил под травами

Время определения	Глубина слоя от поверхности, см	Плотность сухого торфа ρ_d , т/м ³	Степень зольности D_{ash} , %	Содержание сухого органического вещества в слое М, т/га
До осушения	0-8	0,098	8,21	72
	30-38	0,10	7,14	74,1
	55-63	0,888	63,7	258,0
Через 43 года после осушения	0-8	0,758	29,7	162,0
	0-8	0,901	67,8	145,0
	0-8	1,219	87,8	106,4
	0-8	1,148	89,5	87,7
	30-38	1,4	90,6	72,0
	30-38	1,58	93,6	63,5
	30-38	1,591	97,3	32,5
	30-38	1,702	98,3	21,6

типы почв, начиная от торфяных в понижениях, до минеральных постторфяных на повышенных элементах рельефа и с огромным диапазоном значений показателей физических свойств и состава этих почв.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при изучении потерь органического вещества торфа в процессе сельскохозяйственного использования следует учитывать сильную изменчивость показателей свойств и состава торфа, как по глубине, так и по площади. При этом следует иметь в виду тот факт, что граница между торфом и подстилающим минеральным грунтом, как правило, размыта, а в переходной зоне часто залегает прослойка заторфованных грунтов, содержание органического вещества в которых может в несколько раз превышать его содержание в слое торфа такой же толщины. Например, в переходном слое на глубине 55-63 см (табл. 2) содержание органического вещества до осушения было в 3,6 раза выше, чем в слое торфа такой же мощности – 0-8 см. Подобная картина наблюдается и на других разрезах рассматриваемого участка.

Увеличение степени зольности в процессе сельскохозяйственного использования происходит за счет минерализации органического вещества, ветровой и водной эрозии, а на участках, где толщина слоя становится соизмеримой с мощностью пахотного слоя, и за счет припашки подстилающего торф минерального грунта. Поэтому важно знать долю каждого из указанных факторов в увеличении степени зольности на каждом этапе трансформации органогенных почв. Отношение массы минеральной составляющей M_m^o , содержащейся в растениях-торфообразователях, к массе органической составляющей торфа до осушения M_o , не зависит от плотности сухого торфа и составляет

$$\frac{M_m^o}{M_o} = \frac{D_{ash}^o}{100 - D_{ash}^o}, \quad (2)$$

где D_{ash}^o – степень зольности растений-торфообразователей в %.

Отношение массы минеральной составляющей, привнесенной в результате эро-

зии в процессе торфобразования M_M' , к массе органической составляющей торфа до осушения M_O ,

$$\frac{M_M'}{M_O} = \frac{D_{ash}^o}{100 - D_{ash}'} - \frac{D_{ash}^o}{100 - D_{ash}^o} \quad (3)$$

где D_{ash}' – степень зольности торфа до осушения в %.

Масса органической составляющей торфа определяется по степени зольности D_{ash}' и плотности сухого торфа ρ_d до осушения, а степень зольности растений-торфообразователей D_{ash}^o по степени зольности преобладающего вида растений данного торфа (по результатам инженерно-геологических изысканий). По этим показателям определяется масса минеральной составляющей в растениях-торфообразователях для единицы объема торфа по формуле (2), а масса минеральной составляющей, привнесенной в процессе торфообразования, по формуле (3).

Отношение массы привнесенной минеральной составляющей в процессе сельскохозяйственного использования торфа M_M'' к массе органической составляющей в рассматриваемый момент времени M_O'' равно

$$\frac{M_M''}{M_O''} = \frac{D_{ash}''}{100 - D_{ash}''} - \frac{M_O}{M_O''} \frac{D_{ash}'}{100 - D_{ash}'} \quad (4)$$

где D_{ash}'' – степень зольности торфа в рассматриваемый момент времени, %.

По снизившемуся к рассматриваемому моменту времени содержанию органической составляющей M_O'' можно вычислить степень зольности торфа в результате минерализации части органической составляющей ($M_O - M_O''$) с учетом предположения, что в процессе сельскохозяйственного использования после осушения не привносилась минеральная составляющая ($M_M''=0$):

$$D_{ash}^* = \frac{M_M}{M_M + M_O''} 100 \quad (5)$$

По приведенным формулам можно для любого момента времени рассчитать состав торфа и определить удельный вес в изменении этого состава в процессе сельскохозяйственного использования, минерализации органического вещества и эрозии.

Степень зольности значительно изменяется в пахотном слое в основном за счет минерализации органики, ветровой, водной и техногенной эрозии. Интенсивность процесса увеличения степени зольности резко возрастает на участках, где толщина слоя торфа становится соизмеримой с глубиной пахотного слоя.

При оценке показателей свойств и содержания органического вещества в торфе ниже пахотного горизонта можно использовать приведенные формулы, что позволяет сократить объем работ по определению показателей свойств для инженерно-геологических изысканий при проведении реконструкции мелиоративных систем.

Резюме

Приведены результаты изучения изменения свойств торфяных почв в процессе их сельскохозяйственного использования. Получены формулы, позволяющие оценить изменение плотности сухого торфа в зависимости от деформаций уплотнения отдельных слоев, содержание минеральной и, соответственно, органической составляющих, а также оценить роль различных факторов на изменение состава торфяных почв на различных стадиях их трансформации.

Ключевые слова: торфяные почвы, минерализация, органическая и минеральная составляющие, уплотнение, степень зольности.

Summary

Chernik P., Avramenko N., Rudoy O., Slagada R. Change of peat physical properties after draining

The outcomes of analysis of change of properties of peat soils during agricultural usage are presented. The formulas permitting to estimate change of dry peat density in dependence on compacting deformations of individual layers, contents of mineral and accordingly organic components and also a significance of the different factors onto change of peat soil composition at different transformation stages are obtained.

Keywords: peat soil, mineralization, organic and mineral components, compacting, degree of ash content.