

УДК: 10.18522/2308-9709-2019-30-5
<https://new.jbks.ru/archive/issue-30/article-5>

Особенности изучения физических свойств черноземов обыкновенных карбонатных Ростовской области

[Варельджан Д. Э.¹](#), [Колесникова Н. А.²](#), [Морозов И. В.³](#)

1. ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов
2. ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов
3. ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов

Цель работы – выявить особенности изучения физических свойств черноземов обыкновенных карбонатных Ростовской области. Предложены поправки к методам изучения плотности сложения и пористости исследуемых почв. Для определения гидрологических констант, таких как наименьшая (капиллярная) влагоемкость $W_{нв}$ и полная влагоемкость $W_{пв}$ чернозема обыкновенного карбонатного, предложено использовать расчетно-аналитический способ, разработанный И.В. Морозовым. Принцип способа основан на взаимосвязи между гидрологическими константами и физико-механическими свойствами почвы.

Введение

Результаты изучения физических свойств почв, процессов и режимов нашли отражение в большом количестве отечественных и зарубежных научных изданий: статьях, монографиях, учебниках, научно- и учебно-методических руководствах. Однако есть малоизученный раздел почвоведения и физики почв, в частности, связанный с исследованием характера взаимодействия между твердыми и жидкими фазами почв, которые выражаются в объемных изменениях как следствие динамики влажности почв.

При изучении физических свойств практически не обращается внимание на изменение соотношений фаз – твердой, жидкой и газовой, а ведь их соотношение меняется во времени, что неизбежно должно учитываться не только на этапе формулирования выводов по результатам проведенных исследований, но и изначально влиять на выбор методов исследований. Так, почва, влажность которой лежит в интервале от 0 % (абсолютно-сухое состояние) до максимальной гигроскопической, представляет собой преимущественно двухфазную систему «твердая – газовая». В то же время в диапазоне влажности, соответствующей полной влагоемкости (или полной водовместимости), почва представляет собой также двухфазную систему, но уже с преобладанием твердой и жидкой частей. С формальной точки зрения и в первом и во втором случае системы двухфазные, но принципиально отличающиеся по физическим параметрам.

При этом в интервале влажности от максимальной молекулярной влагоемкости до наименьшей влагоемкости почвы представляют собой трехфазную систему «твердая–жидкая–газовая». Именно в ней и происходят основные объемные изменения, которые описываются не только процессами усадки и набухания. Однако при изучении физических свойств следует, наряду с процессами набухания и усадки, принимать во внимание изменения таких параметров, как плотность, общая и дифференциальная пористость, степень трещиноватости, консистенция, пластичность, липкость и другие. Необходимо учитывать также ряд расчетных величин, например, запасы вещества (влаги, гумуса, макро- и микроэлементов), показатели объемной и относительной влажности почв и др.

Цель исследования – выявить особенности изучения физических свойств набухающих почв на примере черноземов обыкновенных карбонатных Ростовской области.

Объект исследования

Чернозем обыкновенный карбонатный среднетощый слабогумусированный легкоглинистый крупнопылевато-иловатый на желто-бурых лессовидных тяжелых суглинках (Ботанический сад, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия).

Методы исследования

Для изучения физических свойств черноземов обыкновенных карбонатных Ботанического сада ЮФУ нами определены следующие показатели:

- гранулометрический состав;
- плотность твердой фазы;
- плотность почвы нарушенного и ненарушенного сложения;
- пористость почвы - общая (?);
- усадка почвы - пределы влажности, соответствующие влажности усадки (W_y) и влажности набухания ($W_{нв}$), объемная усадка (V_y) и линейная усадка (L_y);
- водно-физические свойства [1, 2].

Результаты исследований и их обсуждение

Общие физические свойства чернозема обыкновенного карбонатного

Результаты изучения общих физических свойств исследуемой почвы представлены в таблицах 1-2.

Полученные данные показали, что чернозем обыкновенный карбонатный, согласно классификации Н.А. Качинского [3], относится к разновидности крупнопылевато-иловатых легких глин. Почвенный профиль практически не дифференцирован по гранулометрическому составу. Максимальное содержание физической глины отмечается в гор. $A_{пах}$ - 62,3 %, а минимальное - в гор. ВС/С, где ее количество уменьшается до 58,9 % (таблица 1).

Таблица 1 - Гранулометрический состав чернозема обыкновенного карбонатного среднетощого
(Ботанический сад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Гигроскопическая влажность, $W_{гв}'$	Содержание фракций ЭПЧ, %							
		1-0,25	0,25- 0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	> 0,01	< 0,01
$A_{пах}$ (0-10)	4,2	0,9	10,4	26,5	14,6	8,3	39,4	37,7	62,3
A_1 (10-45)	4,0	1,1	11,6	25,4	15,4	14,1	41,4	38,9	61,1
B_1 (45-60)	4,0	0,9	9,0	29,8	9,6	11,4	39,4	39,7	60,3

B_2 (60-81)	3,7	0,9	5,2	34,9	8,3	7,9	42,7	41,1	58,9
BC/C (81-105)	3,7	0,6	6,8	31,8	5,5	10,8	44,5	39,2	60,8

Для исследуемой почвы характерно незначительное количество фракции крупного и среднего песка (1-0,25 мм), содержание которой составляет около 1 %. Почва характеризуется невысоким содержанием фракции мелкого песка в интервале от 5,2 % - 6,8 % в гор. BC и C до 10,4 % - 11,6 % в верхних гор. $A_{\text{пах}}$ и A_1 , соответственно.

Характерной особенностью исследуемого чернозема обыкновенного карбонатного является высокое содержание фракции крупной пыли (0,05-0,01 мм), содержание которой колеблется от 25,2 % - 26 % в гор. B_1 до 33,75 % - 34 % в гор. BC/C, что позволяет диагностировать почвообразующую породу как лессовидную.

Результаты исследования выявили слабую дифференциацию по профилю (приблизительно 10 %) фракции средней (0,01-0,005 мм) и мелкой (0,005-0,001 мм) пыли. Содержание частиц средней пыли закономерно уменьшается вниз по профилю, начиная от 14,59 % в гор. $A_{\text{пах}}$ и заканчивая 5,53 % в гор. BC/C. Содержание же мелкой пыли имеет максимум в горизонте A_1 , составляя 14,14 % и минимум в горизонте B_2 - 7,88 %.

Весьма равномерной в распределении частиц по профилю является фракция ила (<0,001 мм), содержание которой достигает 39,4 % в верхней части профиля с тенденцией к незначительному увеличению в гор. BC/C до 44,51 %, что довольно характерно для данной почвы.

Плотность твердой фазы изменяется в узком диапазоне: от 2,55 г/см³ (гор. $A_{\text{пах}}$) до 2,64-2,65 г/см³ (гор. B_2 - BC/C), что также является характерным явлением для исследуемой почвы и не противоречит литературным данным. Профильное распределение характеризуется постепенным увеличением плотности элементарных почвенных частиц с глубиной, что связано с уменьшением содержания гумуса и, соответственно, изменением соотношения между органической и минеральной частями почвы вниз по профилю.

Плотность гор. $A_{\text{пах}}$ чернозема обыкновенного составляет 1,20 г/см³ и постепенно увеличивается вниз по профилю до 1,34 г/см³ на глубине 105 см, что позволяет оценить почву как уплотненную. Величина плотности гор. $A_{\text{пах}}$ обусловлена тем, что исследуемый участок Ботанического сада ЮФУ в настоящее время не обрабатывается. Исследуемый параметр рассматривается нами как равновесная плотность, являющаяся результатом усадки почвы в многолетнем цикле.

Кроме того, нами определена объемная усадка почвенных образцов ненарушенного сложения, величина которой изменяется в интервале от 9,32 % в гор. $A_{\text{пах}}$ и уменьшается до 3,02 % в гор. BC/C.

На основании полученных данных произведен расчет общей пористости исследуемой почвы (табл. 2). Так, чернозем обыкновенный характеризуется высокой общей пористостью, на долю которой приходится до 50 % и более от всего объема почвы. Максимальным объемом характеризуется поровое пространство верхних горизонтов почвы. Если в гор. $A_{\text{пах}}$ суммарный объем пустот составляет 52,9 %, то далее вниз по профилю их объем постепенно уменьшается до 49,2 % в гор. BC/C, что говорит об умеренно уплотненном характере профиля в целом.

Таблица 2 - Общие физические свойства чернозема обыкновенного карбонатного среднемоющего
(Ботанический сад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Влажность, W, %	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³	Плотность сложения влажной почвы, г/см ³	Общая пористость, P_o , %
$A_{\text{пах}}$ (0-10)	20,6	2,55	1,20	1,45	52,9

A ₁ (10-45)	19,3	2,57	1,25	1,47	51,4	
B ₁ (45-60)	27,6	2,56	1,30	1,66	49,2	
B ₂ (60-81)	19,7	2,65	1,34	1,60	49,4	
BC/C (81-105)	18,6	2,64	1,34	1,59	49,2	

Водно-физические свойства чернозема обыкновенного карбонатного

Результаты изучения почвенно-гидрологических констант исследуемого чернозема обыкновенного карбонатного представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Водно-физические свойства чернозема обыкновенного карбонатного среднемощного
(Ботанический сад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Влажность, W, %	Почвенно-гидрологические константы					
		W _{ГВ'} , %	W _{МГВ} , %	W _{рсв} , %	W _{ммв'} , %	W _{нв'} , %	W _{пвп} , %
A _{пах} (0-10)	20,6	4,2	9,8	4,9	14,7	35,7	58,8
A ₁ (10-45)	19,3	4,0	9,8	4,9	14,7	35,1	55,4
B ₁ (45-60)	27,6	4,0	9,3	4,6	13,9	34,8	44,3
B ₂ (60-81)	19,7	3,7	8,3	4,1	12,4	32,6	46,3
BC/C (81-105)	18,6	3,7	7,9	3,9	11,8	30,5	44,1

Аналитическими методами определены влажность почвы полевая, гигроскопическая, максимальная гигроскопическая, а также расчетными методами определены пределы влажности, соответствующие содержанию рыхлосвязанной (пленочной) влаги, максимальной молекулярной влагоемкости, наименьшей (капиллярной) влагоемкости и полной влагоемкости почвы.

Все горизонты исследованной почвы характеризуются содержанием гигроскопической влаги (W_{ГВ}) в диапазоне от 4,2 % (горизонт A_{пах}) с постепенным уменьшением вниз по профилю до 3,7 % (горизонт BC/C), что является среднестатистическими значениями данного показателя для черноземов обыкновенных карбонатных.

Аналогичные закономерности прослеживаются вниз по профилю и для максимальной гигроскопической влажности (W_{МГВ}), величина которой в горизонте A_{пах} равна 9,8 % и постепенно уменьшается до 7,9 % - 8,3 % в нижних горизонтах, на что существенное влияние оказывает гранулометрический состав и содержание гумуса в исследуемой почве.

Рыхлосвязанная вода изменяется в диапазоне от 4,9 % в верхнем гор. A_{пах}, и до 3,9 % в нижнем гор. BC/C. Максимальная молекулярная влагоемкость уменьшается от 14,7 % до 11,8 % вниз по профилю. Обе водно-физические характеристики имеют схожее распределение показателей по профилю, аналогичное для гигроскопической и

максимальной гигроскопической категорий влаги. Это связано с тем, что на образование этих показателей влаги действуют одни и те же силы адсорбции.

Для определения наименьшей (капиллярной) влагоемкости $W_{\text{нв}}$ и полной влагоемкости $W_{\text{пв}}$ данного показателя, мы использовали расчетно-аналитический способ, разработанный И.В. Морозовым.

Принцип способа основан на взаимосвязи между гидрологическими константами и физико-механическими свойствами почвы. Поскольку физико-механические свойства почвы (пределы пластичности, усадка, набухание и др.) проявляются в некотором интервале влажности, задача сводится к установлению с использованием известных аналитических методов пределов влажности, соответствующих гидрологическим константам, в диапазоне которых проявляются набухание-усадка и пластические свойства почвы.

Для определения наименьшей влагоемкости ($W_{\text{нв}}$) нами приняты следующие допущения:

1. Образцы исследуемой почвы нарушенного сложения довели до влажности, соответствующей полному насыщению капиллярной влагой ($W_{\text{нв}}$). Данную величину влажности принимаем численно равной влажности набухания ($W_{\text{н}}$) и/или верхнему пределу пластичности:

$$W_{\text{нв}} = W_{\text{н}} = W_{\text{п}}$$

2. Объемные изменения фиксировали как результат усадки почвенного образца. Исходный объем почвы определили при влажности на пределе набухания, конечный – после прекращения процесса усадки при влажности почвы на пределе усадки $W_{\text{у}}$.

Объемная усадка $V_{\text{у}}$ почвенных образцов нарушенного сложения равна количеству испарившейся в процессе усадки влаги, выраженному в объемных процентах, согласно следующей формуле:

$$V_{\text{у}} = ((V_{\text{ц}} - V_{\text{п}}) * 100) / V_{\text{ц}} \quad (1)$$

где $V_{\text{ц}}$ – объем цилиндра, $V_{\text{п}}$ – объем почвы.

3. Для пересчета количества влаги испарившейся в процессе усадки, выраженного в объемных процентах, в массовые проценты, была использована величина «приведенной» плотности, предложенная И.В. Морозовым. Приведенная плотность определяется как отношение массы сухой почвы (в нашем случае нарушенного сложения) к объему почвы на пределе набухания.

$$\rho_{\text{прив}} = m_{\text{с}} / V_{\text{набух}} \quad (2)$$

Данная категория плотности используется во всех расчетно-аналитических действиях.

4. В нашей работе расчет $W_{\text{нв}}$ вели от влажности, соответствующей пределу усадки $W_{\text{у}}$, т.е. данный параметр количественно определяется как сумма величины, соответствующей максимальной молекулярной влагоемкости, и количества испарившейся влаги, которое принимается нами численно равной $V_{\text{у}}$ и выраженной в массовых процентах.

I. Алгоритм расчета наименьшей влагоемкости ($W_{\text{нв}}$):

Дано: Почва – ($\rho_{\text{п}}$) – 1,37 г/см³; максимальная гигроскопическая влажность ($W_{\text{мгв}}$) – 14,7 %; полевая влажность – 20,06 %, объемная усадка $V_{\text{у}}$ – 28,8 %.

Шаг 1. Перевод результатов объемной усадки $V_{\text{у}}$ из объемных процентов в массовые. Получаемое значение численно соответствует количеству испарившейся влаги $W_{\text{п}}$, выраженное в массовых процентах:

$$W_i = V_y : \rho_b \quad (3)$$

$$W_i = 28,8 : 1,37 = 21,02 \%$$

Шаг 2. Рассчитываем наименьшую влагоемкость ($W_{\text{нв}}$):

$$W_{\text{нв}} = W_{\text{ммв}} + W_i \quad (4)$$

где, $W_{\text{нв}}$ - наименьшая влагоемкость, выраженная в массовых процентах; $W_{\text{ммв}}$ - максимальная молекулярная влагоемкость; W_i - количество испарившейся влаги, выраженное в массовых процентах.

$$W_{\text{нв}} = 14,7 + 21,02 = 35,72 \%$$

II. Проверка полученных данных обратным способом расчета:

Шаг 1. Перевод результатов $W_{\text{ммг}}$, выраженных в массовых процентах, в объемные:

$$W_{\text{ммг}} (\text{об. \%}) = W_{\text{ммг}} * \rho_b \quad (5)$$

$$W_{\text{ммг}} (\text{об. \%}) = 14,7 * 1,37 = 20,02 \%$$

Шаг 2. Определяем влажность почвенного образца на момент начала эксперимента, выраженную в объемных процентах:

$$W_v = W_{\text{ммв}} + W_i$$

$$W_v = 20,02 + 28,80 = 48,92 \% (\text{об. \%}).$$

Шаг 3. Переводим полученное значение влажности из объемных процентов в массовые:

$$W_{\text{нв}} = W_v : \rho_b \quad (6)$$

$$W_{\text{нв}} = 48,92 : 1,37 = 35,72 \%$$

Оба расчета подтверждают полученные нами значения.

Результаты на основе выполненных расчетов показали (табл. 4), что влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости ($W_{\text{нв}}$) изменяется от 35,7 % в гор. А_{пах} до 29,3 % в гор. ВС/С. В целом, для исследуемой почвы характерно постепенное уменьшение данного параметра вниз по профилю.

Таблица 4 - Результаты расчета наименьшей влагоемкости чернозема обыкновенного карбонатного
(Ботанический сад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Горизонт и глубина взятия образца, см	$W_{\text{ммв}}$, %	Плотность сложения, г/см ³	Объемная усадка, %	$W_{\text{нв}}$, %
А _{пах} (0-10)	14,7	1,37	28,8	35,7

A_1 (10-45)	14,7	1,40	27,5	34,4
B_1 (45-60)	13,9	1,35	28,9	35,3
B_2 (60-81)	12,4	1,35	28,0	33,1
BC/C (81-105)	11,8	1,43	25,0	29,3

Полученные нами значения $W_{\text{нв}}$ не противоречат литературным данным и соответствуют средним статистическим величинам, характерным для черноземов обыкновенных карбонатных [4]. В целом считаем, что полученные результаты объективно отражают общее содержание капиллярной влаги, соответствующее $W_{\text{нв}}$, а также особенности изменения данного параметра вниз по профилю.

Описываемый способ определения $W_{\text{нв}}$ по сравнению с известными полевым и лабораторным методами позволяет, с одной стороны, повысить точность и достоверность результатов определения наименьшей влагоемкости, а с другой, дает основания для разработки лабораторных методов изучения функциональных связей между твердыми и жидкими фазами почвы.

Для определения полной влагоемкости $W_{\text{пв}}$ почвенных образцов нарушенного сложения нами использован расчетный метод, в основе которого лежит представление о том, что данный параметр, выраженный в объемных процентах, количественно соответствует общей пористости ρ_o . Перевод из объемных процентов в массовые и дает искомую величину $W_{\text{пв}}$:

$$W_{\text{пв}} = \rho_o : \rho_{\text{пр}}$$

Однако при расчете пористости ρ_o не учитываются объемные изменения, вызванные увеличением влажности почвы.

1. Алгоритм расчета полной влагоемкости ($W_{\text{пв}}$):

Дано: плотность почвы ненарушенного сложения $\rho_b = 1,20 \text{ г/см}^3$; максимальная молекулярная влагоемкость $W_{\text{ммв}} = 14,7 \%$; максимальная гигроскопическая влажность $W_{\text{мгв}} = 9,8 \%$; полевая влажность – 20,1 %; наименьшая влагоемкость $W_{\text{нв}} = 35,7 \%$; объемная усадка V_y при полевой влажности – 9,3 %.

Шаг 1. Расчет плотности на пределе усадки:

$$\rho_v = (\rho_b * 100) / (100 - V_y) \quad (7)$$

$$\rho_v = (1,20 * 100 / (100 - 9,3)) = 1,32 \text{ г/см}^3$$

Шаг 2. Расчет плотности на пределе набухания:

Чтобы рассчитать плотность на пределе набухания необходимо знать шаг изменения параметров. Вычисляем разницу между W_0 и $W_{\text{ммв}}$:

$$20,1 - 14,7 = 5,4 \%$$

Далее, вычисляем разницу между плотностью сложения, при полевой влажности 20,06 % и плотностью сложения при максимальной молекулярной влагоемкости 14,7 %:

$$1,32 - 1,20 = 0,12 \text{ г/см}^3$$

Следовательно, на каждые 5,4 % влажности будет происходить изменение плотности на $0,12 \text{ г/см}^3$.

Зная значение наименьшей влагоемкости $W_{\text{нв}}$, мы можем узнать процентное содержание приращенной влаги:

$$W_{\text{нв}} - W_0 = 35,7 - 20,1 = 15,6 \%$$

Делаем расчет, какое количество «шагов, равных 5,4 %» входит в процент приращенной влаги:

$$15,6 : 5,4 = 2,89 \text{ раза}$$

Отсюда: $2,89 * 0,12 = 0,36 \text{ г/см}^3$ - величина приращения плотности от крайней точки измерений ($W_0 = 20,1 \%$, а $\rho_b = 1,20 \text{ г/см}^3$).

Плотность на пределе набухания будет равна разнице плотности почвы ненарушенного сложения и величины приращения плотности, рассчитанной нами (табл. 5):

$$\rho_{\text{н}} = 1,20 \text{ г/см}^3 - 0,36 \text{ г/см}^3 = 0,84 \text{ г/см}^3$$

Таблица 5 - Плотность чернозема обыкновенного карбонатного (Ботанический сад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Плотность твердой фазы, г/см^3	Плотность сложения на пределе усадки, г/см^3	Плотность сложения на пределе набухания, г/см^3	Объемная усадка почвы ненарушенного сложения, %
$A_{\text{пах}}$ (0-10)	2,55	1,32	0,84	9,3
A_1 (10-45)	2,57	1,36	0,87	8,4
B_1 (45-60)	2,56	1,42	1,23	8,2
B_2 (60-81)	2,65	1,44	1,15	7,2
BC/C (81-105)	2,64	1,38	1,27	3,0

Шаг 3. Расчет общей пористости происходит по формуле:

$$P_0 = ((\rho_s - \rho_{\text{н}}) / \rho_s) \times 100 \% \quad (8)$$

где ρ_s - плотность твердой фазы, $\rho_{\text{н}}$ - плотность на пределе набухания.

$$P_0 = ((2,55 - 0,84) / 2,55) \times 100 = 66,9 \%$$

Шаг 4. Определяем полную влагоемкость ($W_{\text{пв}}$), как массовые проценты от общей пористости на пределе набухания:

$$W_{\text{пв}} = P_0 : \rho_{\text{н}} \quad (9)$$

$$W_{\text{пв}} = 66,9 : 1,32 = 50,6 \%$$

В таблице 6 представлены результаты расчета общей пористости и полной влагоемкости, полученные как общепринятыми методами, так и расчетно-аналитическим методом определения. Таким образом, в гор. А_{пах} величина полной влагоемкости ($W_{пв}$) составляет 50,6 %, и уменьшается вниз по профилю к гор. ВС/С, где составляет 37,4 %.

Ранее полученные нами результаты исследований подтверждают, что расчетно-аналитический метод, предложенный И.В. Морозовым, более полно отражает состояние физических свойств почв и необходим при расчете почвенно-гидрологических констант набухающих почв.

Таблица 6 – Полная влагоемкость чернозема обыкновенного карбонатного (Ботанический сад ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Общая пористость, без учета объемных изменений, %	Общая пористость при максимальном набухании, %	Полная влагоемкость без учета объемных изменений, %	Полная влагоемкость с учетом объемных изменений, %	
				$W_{пв}$	$\pm W_{пв}, \%$
А _{пах} (0-10)	52,9	66,9	44,1	50,6	6,5
А ₁ (10-45)	51,4	66,0	41,1	48,4	7,3
В ₁ (45-60)	49,2	51,8	37,9	36,6	-1,3
В ₂ (60-81)	49,4	56,6	36,9	39,2	2,3
ВС/С (81-105)	49,2	51,7	36,7	37,4	0,7

Выводы

1. Результаты изучения физических свойств чернозема обыкновенного карбонатного Ботанического сада ЮФУ показали, что исследуемая почва характеризуется следующими показателями: плотность гор. А_{пах} составляет 1,20 г/см³ и постепенно увеличивается вниз по профилю до 1,34 г/см³ на глубине 105 см, что позволяет оценить почву как уплотненную; плотность твердой фазы изменяется в узком диапазоне – от 2,55 г/см³ (гор. А_{пах}) до 2,64–2,65 г/см³ (гор. В₂ – ВС/С).

2. Все горизонты исследованной почвы характеризуются содержанием гигроскопической влаги ($W_{гв}$) в диапазоне от 4,2 % (горизонт А_{пах}) с постепенным уменьшением вниз по профилю до 3,7 % (горизонт ВС/С). Максимальная гигроскопическая влажность ($W_{мгв}$) в горизонте А_{пах} равна 9,8 % и постепенно уменьшается до 7,9 % – 8,3 % в нижних горизонтах. Рыхлосвязанная вода ($W_{рв}$) изменяется в диапазоне от 4,9 % в верхнем гор. А_{пах}, и до 3,9 % в нижнем гор. ВС/С. Максимальная молекулярная влагоемкость уменьшается от 14,7 % до 11,8 % вниз по профилю. Общая пористость, рассчитанная общепринятыми методами, в гор. А_{пах} составляет 52,9 %, а далее вниз по профилю постепенно уменьшается до 49,2 % в гор. ВС/С.

3. Расчетно-аналитический способ, разработанный И.В. Морозовым для определения наименьшей влагоемкости и полной влагоемкости, показал, что влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости ($W_{нв}$) изменяется от 35,7 % в гор. А_{пах} до 30,5 % в гор. ВС/С. Величина полной влагоемкости ($W_{пв}$) с учетом объемных изменений равна в гор. А_{пах} равна 50,6 %, и уменьшается вниз по профилю к гор. ВС/С, где составляет 37,4 %.

Таким образом, предложенный способ определения $W_{\text{нв}}$ и $W_{\text{пв}}$ по сравнению с известными полевым и лабораторным методами позволяет, с одной стороны, повысить точность и достоверность результатов определения водно-физических характеристик, а с другой, дает основания для разработки лабораторных методов изучения функциональных связей между твердыми и жидкими фазами почвы.

Список литературы

1. Агрофизические методы исследования почв/ Под ред. С.И. Долгова. М.: Наука, 1966. – 260 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Изд-во стандартов, 1985. – 25 с.
4. Качинский Н.А. Физика почв. Часть I. М.: Высшая школа, 1965. – 322 с.
5. Ревут И.Б. Физика почв. Л.: "Колос", 1972. – 368 с.

Spisok literatury

1. Agrofizicheskie metody issledovaniya pochv/ Pod red. S.I. Dolgova. M.: Nauka, 1966. – 260 s.
2. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv. M.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
3. GOST 5180-84. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikh harakteristik. M.: Izd-vo standartov, 1985. – 25 s.
4. Kachinskij N.A. Fizika pochv. CHast' I. M.: Vysshaya shkola, 1965. – 322 s.
5. Revut I.B. Fizika pochv. L.: "Kolos", 1972. – 368 s.