

Рус. УДК: 631.431.1

Особенности изучения физических свойств черноземов обыкновенных карбонатных Ростовской области

Колесникова Н.А., Варельджан Д. Э., Морозов И. В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация:

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.

Ключевые слова: плотность почвы, плотность твердой фазы, влажность полевая, наименьшая влагоемкость, полная влагоемкость, объемная усадка, линейная усадка, общая пористость, пределы пластичности, число пластичности.

Eng. The investigation features of physical properties of ordinary calcareous chernozems of the Rostov region (Russia)

Kolesnikova Nadezhda A., Varel'dzhan Diana E., Morozov Igor V.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia; migovad@sfedu.ru

Abstract:

The aim of this work is to investigate features of physical properties of ordinary calcareous chernozems of the Rostov region.

Amendments to methods for studying the soil bulk density and porosity of the investigated soils are proposed. To determine the hydrological constants, such as the capillary moisture capacity and the full water capacity of ordinary calcareous chernozem, are proposed using the calculate-analytical method developed by I.V. Morozov. The principle of the method is based on the relationship between hydrological constants and the physical and mechanical properties of the soil.

Keywords: soil bulk density, soil particles density, field moisture, field moisture capacity, full moisture capacity, volumetric shrinkage, linear shrinkage, total porosity, plasticity limits, plasticity number.

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 среднемошный 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 (ϵ);
- 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 среднемощного (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
ВС/С (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. ВС и С 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. ВС/С, 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. ВС/С. 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. ВС/С 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 – ВС/С), 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. ВС/С.

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 среднемощного (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 _о , %
$A_{\text{пах}}$ (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					
		$W_{\text{ГВ}}$, %	$W_{\text{МГВ}}$, %	$W_{\text{РСВ}}$, %	$W_{\text{ММВ}}$, %	$W_{\text{НВ}}$, %	$W_{\text{ПВП}}$, %
$A_{\text{пах}}$ (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 ($W_{\text{ГВ}}$) в диапазоне от 4,2 % (горизонт $A_{\text{пах}}$) с

постепенным уменьшением вниз по профилю до 3,7 % (горизонт ВС/С), что является среднестатистическими значениями данного показателя для черноземов обыкновенных карбонатных.

Аналогичные закономерности прослеживаются вниз по профилю и для максимальной гигроскопической влажности ($W_{\text{мгв}}$), величина которой в горизонте $A_{\text{пах}}$ 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. $A_{\text{пах}}$, и до 3,9 % в нижнем гор. ВС/С. 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:

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

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_y .

Объемная усадка V_y почвенных образцов нарушенного сложения равна количеству испарившейся в процессе усадки влаги, выраженному в объемных процентах, согласно следующей формуле:

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

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.

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

Данная категория плотности используется во всех расчетно-аналитических действиях.

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

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

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

Шаг 1. Перевод результатов объемной усадки V_y из объемных процентов в массовые. Получаемое значение численно соответствует количеству испарившейся влаги W_i , 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 ($W_{\text{нв}}$):

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

где, $W_{\text{нв}}$ – наименьшая влагоемкость, выраженная в массовых процентах;

$W_{\text{мгв}}$ – 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:

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

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

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. $A_{\text{пах}}$ 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, %	$W_{\text{НВ}}$, %
$A_{\text{пах}}$ (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
ВС/С (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 ϵ_0 . Колесникова Н. А., Варельджан Д. Э., Морозов И. В., Особенности изучения физических свойств черноземов обыкновенных карбонатных Ростовской области // «Живые и биокосные системы». – 2019. – № 30; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-30/article-5>

Перевод из объемных процентов в массовые и дает искомую величину $W_{пв}$:

$$W_{пв} = \varepsilon_o : \rho_{пр}$$

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

I. Алгоритм расчета полной влагоемкости ($W_{пв}$):

Дано: плотность почвы ненарушенного сложения $\rho_b = 1,20 \text{ г/см}^3$; максимальная молекулярная влагоемкость $W_{ммв} = 14,7 \%$; максимальная гигроскопическая влажность $W_{мгв} = 9,8 \%$; полевая влажность $W_0 = 20,1 \%$; наименьшая влагоемкость $W_{нв} = 35,7 \%$; объемная усадка V_y при полевой влажности $W_0 = 9,3 \%$.

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 $W_{ммв}$:

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

Далее, вычисляем разницу между плотностью сложения, при полевой влажности $W_0 = 20,06 \%$ и плотностью сложения при максимальной молекулярной влагоемкости $W_{ммв} = 14,7 \%$:

$$1,32 - 1,20 = 0,12 \text{ г/см}^3$$

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

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

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

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):

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

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 _{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:

$$\varepsilon_o = ((\rho_s - \rho_n) / \rho_s) \times 100 \% \quad (8)$$

где ρ_s – плотность твердой фазы, ρ_n – плотность на пределе набухания.

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

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

$$W_{пв} = \varepsilon_o : \rho_n \quad (9)$$

$$W_{пв} = 66,9 : 1,32 = 50,6 \%$$

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. A_{пах} величина полной влагоемкости ($W_{пв}$) составляет 50,6 %, и уменьшается вниз по профилю к гор. BC/C, 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}	±W _{пв} , %
A _{пах} (0-10)	52,9	66,9	44,1	50,6	6,5
A ₁ (10-45)	51,4	66,0	41,1	48,4	7,3
B ₁ (45-60)	49,2	51,8	37,9	36,6	-1,3
B ₂ (60-81)	49,4	56,6	36,9	39,2	2,3

BC/C (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. $A_{\text{пах}}$ составляет $1,20 \text{ г/см}^3$ и постепенно увеличивается вниз по профилю до $1,34 \text{ г/см}^3$ на глубине 105 см, что позволяет оценить почву как уплотненную; плотность твердой фазы изменяется в узком диапазоне – от $2,55 \text{ г/см}^3$ (гор. $A_{\text{пах}}$) до $2,64\text{--}2,65 \text{ г/см}^3$ (гор. $B_2 - BC/C$).

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

3. Расчетно-аналитический способ, разработанный И.В. Морозовым для определения наименьшей влагоемкости и полной влагоемкости, показал, что влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости ($W_{\text{нв}}$), изменяется от 35,7 % в гор. $A_{\text{пах}}$ до 30,5 % в гор. BC/C. Величина полной влагоемкости ($W_{\text{пв}}$) с учетом объемных изменений равна в гор. $A_{\text{пах}}$ равна 50,6 %, и уменьшается вниз по профилю к гор. BC/C, 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. М.: Nauka, 1966. – 260 s.
2. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svojstv pochv. М.: Agropromizdat, 1986. – 416 s.
3. GOST 5180-84. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya fizicheskikh harakteristik. М.: Izd-vo standartov, 1985. – 25 s.
4. Kachinskij N.A. Fizika pochv. CHast' I . М.: Vysshaya shkola, 1965. – 322 s.
5. Revut I.B. Fizika pochv. L.: "Kolos", 1972. – 368 s.