

ИЗМЕНЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ

В. А. Королев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 24.01.2008 г.

Аннотация. Водно-физические свойства черноземов типичных на всех вариантах стационарного опыта вполне благоприятны в агрономическом отношении и не обнаруживают существенных изменений под влиянием удобрений. Имеет место лишь слабо выраженная тенденция положительного воздействия навоза на основные показатели водоудерживающей способности и водопроницаемости почв.

Ключевые слова: чернозем типичный, водно-физические свойства, водопроницаемость, удобрение, влияние

Abstract. The water-physical properties of chernozems typical on all variants of stationary experience are quite favorable in agronomical relation and do not find out essential changes under influence of fertilizers. The only feebly marked tendency of positive influence of dung on the basic parameters of water-retentive ability and water permeability of soil takes place.

Key words: chernozems typical, water-physical properties, water permeability, fertilizers, influence

ВВЕДЕНИЕ

Среди большого разнообразия типов почв общепризнанным эталоном, «царем» почв по образному выражению В.В. Докучаева, является чернозем — главный «кормилец» России. В настоящее время на черноземах, занимающих всего лишь около 7% территории страны, размещено 52% пахотных угодий и производится больше половины всей продукции растениеводства. Важнейшим земледельческим регионом России является Центральное Черноземье, расположенное в центре Русской равнины. Главным природным богатством региона являются почвенные ресурсы, более чем на 80% представленные черноземами. Анализируя многочисленные опубликованные результаты исследований разных авторов, можно заключить, что, несмотря на свое природное совершенство, черноземы в процессе длительного сельскохозяйственного использования претерпевают значительные, нередко негативные, изменения химического состава и физико-химических свойств. Что касается физических свойств агрочерноземов, являющихся в условиях региона основным лимитирующим фактором их плодородия, то они до настоящего времени изучены недостаточно. В связи с этим как никогда актуальными являются дальнейшие углубленные исследования современного физического состояния пахотных черноземов.

Целью данной работы было изучение изменений основных показателей водно-физических

свойств черноземов типичных Среднерусской лесостепи при длительном применении различных доз органических и минеральных удобрений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в длительном стационарном полевом опыте по изучению влияния удобрений на продуктивность кукурузы, возделываемой в севообороте и бессменно. Опыт заложен в 1962 году на Воронежской опытной станции ВНИИ кукурузы (Хохольский район). В натуре опыт представлен тремя полями севооборота и одним полем с бессменным посевом кукурузы. Севооборот в опыте десятипольный, в котором 50% зерновых, 20% технических и 30% кормовых культур. Были выбраны следующие варианты стационарного опыта: — контроль (без удобрений), — 14 т/га навоза, — $N_{60}P_{60}K_{60}$. Удобрения вносились ежегодно осенью под вспашку. Минеральные удобрения применялись в виде аммиачной селитры, гранулированного суперфосфата и калийной соли. Высевались районированные сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, агротехника возделывания которых была общепринятой для зоны.

Почвенные образцы отбирались в течение двух вегетационных периодов в трехкратной повторности десятисантиметровыми слоями с поверхности до глубины 150 см через каждые 10 см. Непосредственно в полевых условиях и в отобранных почвенных образцах были определены физические свойства по общепринятым методам [1, 2].

В работе использованы следующие символы и условные обозначения: МГ — максимальная гигроскопическая влажность почвы, ВЗ — почвенная влажность завядания растений, ВРК — почвенная влажность разрыва капиллярных связей, НВ — наибольшая (в общепринятой терминологии — наименьшая) влагоемкость почвы, ДАВ — диапазон активной (продуктивной) влаги, ДОПВ — диапазон оптимально-продуктивной влаги, ПВ — полная водовместимость (в общепринятой терминологии — полная влагоемкость) почвы, $V_{НВ}$ — водухоемкость при влажности почвы, соответствующей НВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В черноземах типичных содержание гумуса в пахотных горизонтах изучаемых вариантов опыта варьирует в пределах 5,3—6,4 %. Систематическое применение удобрений обуславливает незначительное увеличение гумуса в почвах. Максимальное его содержание отмечено на вариантах с внесением навоза.

Черноземы типичные на всех вариантах опыта характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом и высокой микроагрегированностью. В первом полуметре почвы содержание физической глины составляет 55—57%, а фактор структурности не опускается ниже 90%. Применение удобрений не оказывает заметного влияния на гранулометрический и микроагрегатный составы черноземов. Имеет место лишь слабо выраженная

тенденция положительного воздействия органических удобрений на основные показатели потенциальной способности почв к агрегированию [3].

Водно-физические свойства черноземов в значительной степени определяются не только их степенью гумусированности и микроагрегированности, но и характером структуры и плотности. В пахотных горизонтах почв исследуемых вариантов опыта в течение двухлетнего периода наблюдений содержание агрономически ценных агрегатов изменяется в пределах 64—79 %, в том числе водопрочных 53—67 %; коэффициент структурности и критерий водопрочности агрегатов варьируют соответственно от 1,8 до 3,8 и от 54 до 70% (рис. 1). Общие физические свойства черноземов типичных характеризуются вполне благоприятными показателями (табл. 1). Так, плотность сложения и плотность твердой фазы почв в пахотных горизонтах изменяются соответственно в пределах 1,02—1,24 г/см³ и 2,56—2,60 г/см³. Оба этих показателя постепенно возрастают вниз по профилю, достигая на глубине 140—150 см 1,54—1,65 г/см³ и 2,69—2,71 г/см³. Общая пористость пахотных горизонтов составляет 52—60% и уменьшается в почвообразующей породе до 39—43%. При этом весьма значительная ее часть приходится на активную пористость и на поры, занятые воздухом при влажности почвы, соответствующей НВ. Длительное применение удобрений, прежде всего органических, способствует незначительному улучшению

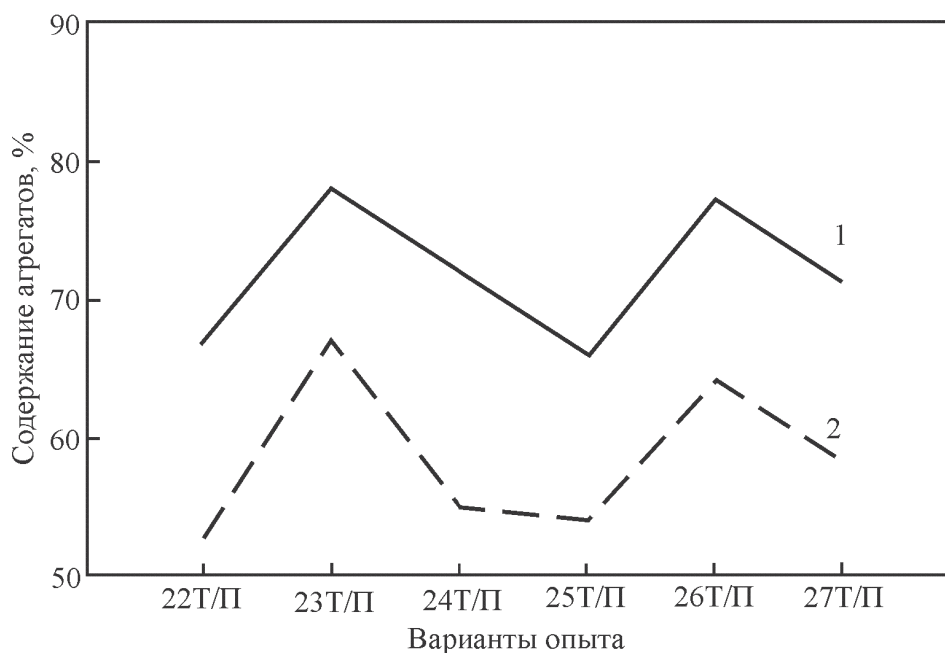


Рис. 1. Содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном горизонте черноземов типичных различных вариантов полевого опыта (1 — структурный состав, 2 — агрегатный состав)

Плотность и дифференциальная пористость черноземов типичных

№ разреза, варианты опыта	Глубина, см	Плотность, г/см ³		Пористость, %		
		сложения	твёрдой фазы	общая	активная	воздухоносная при НВ
1	2	3	4	5	6	7
Кукуруза (монокультура)—1-й год						
22 Т/П контроль	0—10	1,13	2,58	56,2	45,8	25,5
	20—30	1,19	2,60	54,2	42,1	25,8
	40—50	1,26	2,61	51,7	38,4	22,9
	60—70	1,35	2,62	48,5	34,6	19,7
	80—90	1,39	2,65	47,5	34,1	18,5
	100—110	1,46	2,68	45,5	32,3	17,7
	120—130	1,51	2,68	43,7	31,3	15,9
	140—150	1,58	2,69	41,3	29,0	13,8
23 Т/П навоз 14т/га	0—10	1,11	2,57	56,8	46,3	25,2
	20—30	1,15	2,59	55,6	43,9	25,9
	40—50	1,24	2,61	52,5	39,7	23,3
	60—70	1,34	2,63	49,0	35,4	19,5
	80—90	1,38	2,66	48,1	34,9	18,6
	100—110	1,44	2,68	46,3	33,2	17,8
	120—130	1,52	2,69	43,5	30,0	14,4
	140—150	1,54	2,70	43,0	29,2	14,6
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	1,15	2,59	55,6	44,9	23,9
	20—30	1,23	2,60	52,7	40,3	21,6
	40—50	1,30	2,62	50,4	37,1	20,2
	60—70	1,36	2,64	48,5	35,1	19,0
	80—90	1,42	2,66	46,6	33,2	16,6
	100—110	1,48	2,69	45,0	31,7	16,3
	120—130	1,54	2,69	42,8	30,0	14,3
	140—150	1,60	2,70	40,7	28,5	13,0
Сахарная свекла (севооборот)—1-й год						
25 Т/П контроль	0—10	1,07	2,57	58,4	48,1	27,8
	20—30	1,15	2,58	55,4	43,6	26,9
	40—50	1,24	2,60	52,3	39,5	24,6
	60—70	1,29	2,63	51,0	37,9	23,9
	80—90	1,36	2,66	48,9	35,6	21,3
	100—110	1,44	2,68	46,3	32,6	18,3
	120—130	1,50	2,69	44,2	31,3	16,4
	140—150	1,57	2,70	41,9	28,9	14,5
26 Т/П навоз 14т/га	0—10	1,05	2,56	59,0	48,6	27,5
	20—30	1,11	2,57	56,8	45,9	25,7
	40—50	1,22	2,61	53,3	41,1	22,7
	60—70	1,31	2,63	50,2	37,0	19,4
	80—90	1,37	2,66	48,5	35,0	19,7
	100—110	1,42	2,67	46,8	33,8	18,8
	120—130	1,54	2,69	42,8	29,9	14,9
	140—150	1,58	2,70	41,5	29,1	14,5

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	1,13	2,58	56,2	45,3	23,6
	20—30	1,20	2,58	53,5	42,1	23,0
	40—50	1,31	2,62	50,0	37,7	19,3
	60—70	1,38	2,64	47,7	34,9	17,8
	80—90	1,44	2,68	46,3	33,4	17,5
	100—110	1,50	2,69	44,2	30,9	15,1
	120—130	1,58	2,70	41,5	28,3	12,5
	140—150	1,63	2,71	39,9	26,9	11,7
Кукуруза (монокультура) — 2-й год						
22 Т/П контроль	0—10	1,14	2,58	55,8	45,3	25,5
	20—30	1,24	2,60	52,3	39,7	23,9
	40—50	1,29	2,61	50,6	37,0	22,1
	60—70	1,36	2,62	48,1	34,1	20,3
	80—90	1,39	2,65	47,5	34,1	20,1
	100—110	1,48	2,68	44,8	31,3	18,0
	120—130	1,56	2,68	41,8	28,9	16,2
	140—150	1,64	2,69	39,0	26,1	14,0
23 Т/П навоз 14 т/га	0—10	1,06	2,57	58,8	48,8	28,2
	20—30	1,16	2,59	55,2	43,4	25,0
	40—50	1,26	2,61	51,7	38,7	22,4
	60—70	1,35	2,63	48,7	35,0	20,3
	80—90	1,38	2,66	48,1	34,9	20,3
	100—110	1,46	2,68	45,5	32,1	18,7
	120—130	1,56	2,69	42,0	28,1	16,3
	140—150	1,62	2,70	40,0	25,5	15,2
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	1,10	2,59	57,5	47,3	27,1
	20—30	1,17	2,60	55,0	43,3	27,0
	40—50	1,31	2,62	50,0	36,6	20,8
	60—70	1,37	2,64	48,1	34,5	19,4
	80—90	1,40	2,66	47,4	34,1	19,7
	100—110	1,47	2,69	45,4	32,2	18,9
	120—130	1,58	2,69	41,3	28,2	15,5
	140—150	1,65	2,70	38,9	26,4	14,0
Кукуруза (севооборот) — 2-й год						
25 Т/П контроль	0—10	1,12	2,57	56,4	45,7	25,4
	20—30	1,21	2,58	53,1	40,8	24,2
	40—50	1,29	2,60	50,4	37,0	22,1
	60—70	1,34	2,63	49,0	35,4	21,3
	80—90	1,40	2,66	47,4	33,6	20,1
	100—110	1,46	2,68	45,5	31,6	17,9
	120—130	1,56	2,69	42,0	28,6	14,4
	140—150	1,61	2,70	40,4	27,2	13,6

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
26 Т/П навоз 14т/га	0—10	1,02	2,56	60,2	50,1	29,0
	20—30	1,06	2,57	58,8	48,5	28,9
	40—50	1,26	2,61	51,7	39,1	21,3
	60—70	1,30	2,63	50,6	37,5	20,3
	80—90	1,36	2,66	48,9	35,4	19,9
	100—110	1,45	2,67	45,7	32,3	17,7
	120—130	1,58	2,69	41,3	28,0	13,8
	140—150	1,65	2,70	38,9	26,0	12,5
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	1,08	2,58	58,1	47,7	27,7
	20—30	1,20	2,58	53,5	42,1	22,9
	40—50	1,29	2,62	50,8	38,6	19,9
	60—70	1,32	2,64	50,0	37,7	19,9
	80—90	1,42	2,68	47,0	34,2	17,9
	100—110	1,50	2,69	44,2	30,9	15,6
	120—130	1,60	2,70	40,7	27,3	12,5
	140—150	1,64	2,71	39,5	26,5	11,9

(статистически недоказуемому) структурно-агрегатного состава, плотности сложения, общей и дифференциальной пористости изучаемых черноземов, особенно в пределах пахотных горизонтов, что вполне согласуется с имеющимися литературными данными [4—6].

Водно-физические свойства черноземов типичных на всех вариантах стационарного опыта в течение двухлетнего периода наблюдений довольно близки и также характеризуются вполне благоприятными показателями (табл. 2—4, рис. 2). Их можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся МГ и ВЗ. Их величина зависит в основном от удельной поверхности почвы, которая в свою очередь определяется гранулометрическим составом (особенно количеством тонкодисперсных частиц) и в значительно меньшей степени содержанием гумуса. Вторая группа включает ВРК, НВ и ПВ, которые находятся в тесной зависимости не только от удельной поверхности почв, но и от их структурного состояния и характера сложения. В целях более объективной оценки водно-физических показателей их расчет мы проводили в процентах как от массы почвы, так и от ее объема, что позволяет снивелировать различия в плотности сложения черноземов исследуемых вариантов опыта.

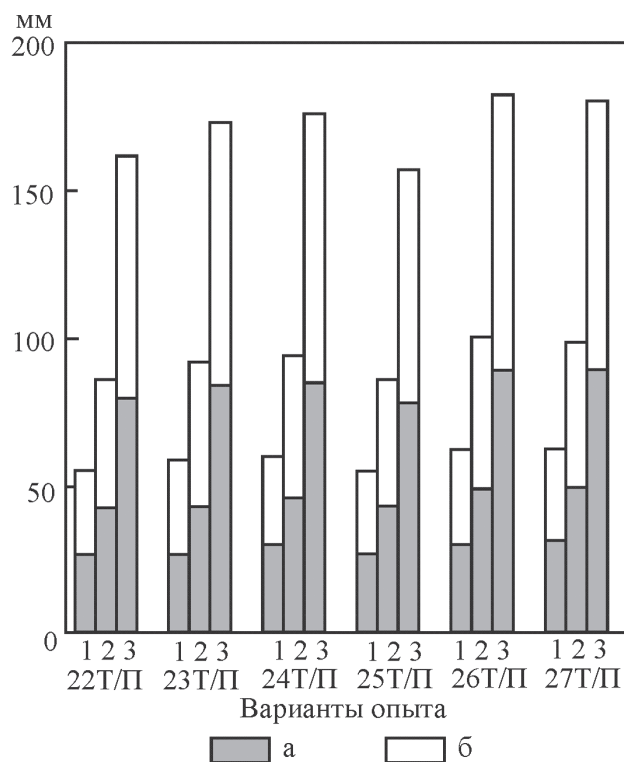


Рис. 2. Запасы влаги в различных слоях черноземов типичных опытных делянок: 1 — 0 — 30 см, 2 — 0 — 50 см, 3 — 0 — 100 см; а — в интервале НВ — ВРК, б — в интервале ВРК — ВЗ

Водно-физические свойства черноземов типичных, % от массы почвы

№ разреза, варианты опыта	Глубина, см	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	ПВ	ДАВ	ДОПВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кукуруза (монокультура) — 1-й год								
22 Т/П контроль	0—10	9,2	13,1	22,0	31,1	49,7	18,0	9,1
	20—30	10,1	14,4	21,4	28,1	45,5	13,7	6,7
	40—50	10,5	14,9	20,8	27,2	41,0	12,3	6,4
	60—70	10,3	14,6	20,2	25,6	35,9	11,0	5,4
	80—90	9,6	13,6	19,4	24,8	34,2	11,2	5,4
	100—110	9,2	12,9	18,0	22,9	31,2	10,0	4,9
	120—130	8,5	11,7	17,0	21,9	28,9	10,2	4,9
	140—150	7,9	11,1	16,1	20,7	26,1	9,6	4,6
23 Т/П навоз 14 т/га	0—10	9,5	13,4	24,1	32,4	51,2	19,0	8,3
	20—30	10,2	14,4	22,5	30,1	48,3	15,7	7,6
	40—50	10,4	14,7	21,4	27,9	42,3	13,2	6,5
	60—70	10,1	14,3	20,3	26,2	36,6	11,9	5,9
	80—90	9,7	13,6	19,5	25,4	34,9	11,8	5,9
	100—110	9,3	13,0	18,9	23,7	32,2	10,7	4,8
	120—130	9,0	12,6	18,3	22,9	28,6	10,3	4,6
	140—150	9,1	12,7	17,5	22,2	27,9	9,5	4,7
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	9,3	13,2	22,4	31,5	48,3	18,3	9,1
	20—30	10,0	14,2	21,9	29,4	42,8	15,2	7,5
	40—50	10,3	14,5	21,1	27,5	38,8	13,0	6,4
	60—70	9,9	14,0	20,3	25,8	35,7	11,8	5,5
	80—90	9,5	13,4	19,5	25,1	32,8	11,7	5,6
	100—110	9,0	12,7	17,9	23,1	30,4	10,4	5,2
	120—130	8,3	11,8	16,9	22,0	27,8	10,2	5,1
	140—150	7,6	10,8	15,8	20,5	25,4	9,7	4,7
Сахарная свекла (севооборот) — 1-й год								
25 Т/П контроль	0—10	9,6	13,6	23,1	32,6	54,6	19,0	9,5
	20—30	10,3	14,5	21,8	29,0	48,2	14,5	7,2
	40—50	10,4	14,7	20,8	26,7	42,2	12,0	5,9
	60—70	10,2	14,4	19,9	25,3	39,5	10,9	5,4
	80—90	9,9	13,9	19,2	24,4	36,0	10,5	5,2
	100—110	9,6	13,5	18,6	23,4	32,2	9,9	4,8
	120—130	8,7	12,2	17,3	22,1	29,5	9,9	4,8
	140—150	8,3	11,7	16,4	20,9	26,7	9,2	4,5
26 Т/П навоз 14 т/га	0—10	9,9	14,1	24,4	34,2	56,2	20,1	9,8
	20—30	9,8	13,9	23,1	32,1	51,2	18,2	9,0
	40—50	10,0	14,2	21,8	29,3	43,7	15,1	7,5
	60—70	10,1	14,3	21,1	27,7	38,3	13,4	6,6
	80—90	9,8	14,0	19,7	25,2	35,4	11,2	5,5
	100—110	9,2	13,0	18,3	23,6	33,0	10,6	5,3
	120—130	8,4	11,9	16,8	21,6	27,8	9,7	4,8
	140—150	7,8	11,1	15,7	20,3	26,3	9,2	4,6

Таблица 2 (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	9,7	13,7	23,4	32,9	49,7	19,2	9,5
	20—30	9,5	13,4	21,5	29,3	44,6	15,9	7,8
	40—50	9,3	13,3	20,3	27,3	38,2	14,0	7,0
	60—70	9,3	13,2	19,5	25,6	34,6	12,4	6,1
	80—90	9,1	12,8	18,4	23,8	32,2	11,0	5,4
	100—110	8,9	12,6	17,9	23,1	29,5	10,5	5,2
	120—130	8,5	11,9	17,0	21,9	26,3	10,0	4,9
	140—150	8,0	11,3	16,0	20,6	24,5	9,3	4,6
Кукуруза (монокультура) — 2-й год								
22 Т/П контроль	0—10	9,2	13,1	21,9	30,4	48,9	17,3	8,5
	20—30	10,1	14,4	21,0	27,2	42,2	12,8	6,2
	40—50	10,5	14,9	20,8	26,4	39,2	11,5	5,6
	60—70	10,3	14,6	19,8	24,8	35,4	10,2	5,0
	80—90	9,6	13,6	18,8	23,7	34,2	10,1	4,9
	100—110	9,2	12,9	17,4	21,9	30,3	9,0	4,5
	120—130	8,5	11,7	15,9	19,9	26,8	8,2	4,0
	140—150	7,9	11,1	14,9	18,5	23,8	7,4	3,6
23 Т/П навоз 14 т/га	0—10	9,5	13,4	23,6	32,8	55,5	19,4	9,2
	20—30	10,2	14,4	22,7	30,3	47,6	15,9	7,6
	40—50	10,4	14,7	21,4	27,6	41,0	12,9	6,2
	60—70	10,1	14,3	19,9	25,2	36,0	10,9	5,3
	80—90	9,7	13,6	19,0	24,2	34,9	10,6	5,2
	100—110	9,3	13,0	17,7	22,2	31,2	9,2	4,5
	120—130	9,0	12,6	16,4	20,2	26,9	7,6	3,8
	140—150	9,1	12,7	15,9	19,1	24,7	6,4	3,2
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	9,3	13,2	22,5	31,5	52,3	18,3	9,0
	20—30	10,0	14,2	21,4	28,1	47,0	13,9	6,7
	40—50	10,3	14,5	20,6	26,6	38,2	12,1	6,0
	60—70	9,9	14,0	19,6	25,0	35,1	11,0	5,4
	80—90	9,5	13,4	18,6	23,7	33,9	10,3	5,1
	100—110	9,0	12,7	17,3	21,8	30,9	9,1	4,5
	120—130	8,3	11,8	15,8	19,8	26,1	8,0	4,0
	140—150	7,6	10,8	14,6	18,3	23,6	7,5	3,7
Кукуруза (севооборот) — 2-й год								
25 Т/П контроль	0—10	9,6	13,6	22,9	31,7	50,4	18,1	8,8
	20—30	10,3	14,5	21,6	28,2	43,4	13,7	6,6
	40—50	10,4	14,7	20,6	26,3	39,1	11,6	5,7
	60—70	10,2	14,4	19,7	24,9	36,6	10,5	5,2
	80—90	9,9	13,9	18,9	23,6	33,9	9,7	4,7
	100—110	9,6	13,5	18,3	22,9	31,2	9,4	4,6
	120—130	8,7	12,2	16,8	21,3	26,9	9,1	4,5
	140—150	8,3	11,7	15,9	20,1	25,1	8,4	4,2

Таблица 2 (Продолжение)

26 Т/П навоз 14 т/га	0—10	9,9	14,1	24,7	34,8	59,0	20,7	10,1
	20—30	9,8	13,9	23,3	32,4	55,5	18,5	9,1
	40—50	10,0	14,2	21,3	28,3	41,0	14,1	7,0
	60—70	10,1	14,3	21,0	27,5	38,9	13,2	6,5
	80—90	9,8	14,0	19,7	25,4	36,0	11,4	5,7
	100—110	9,2	13,0	18,1	23,1	31,5	10,1	5,0
	120—130	8,4	11,9	16,4	20,9	26,0	9,0	4,5
	140—150	7,8	11,1	15,2	19,3	23,6	8,2	4,1
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	9,7	13,7	23,2	32,2	53,8	18,5	9,0
	20—30	9,5	13,4	21,6	29,4	44,6	16,0	7,8
	40—50	9,3	13,3	20,6	27,8	39,4	14,5	7,2
	60—70	9,3	13,2	19,6	26,7	37,9	13,5	7,1
	80—90	9,1	12,8	18,6	24,3	33,1	11,5	5,7
	100—110	8,9	12,6	17,7	22,8	29,5	10,2	5,1
	120—130	8,5	11,9	16,5	21,1	25,4	9,2	4,6
	140—150	8,0	11,3	15,8	20,2	24,1	8,9	4,4

Черноземы типичные обладают способностью удерживать большое количество влаги в прочносвязанном недоступном для растений состоянии. Величина МГ в пахотных горизонтах достигает 9,2—10,3 % от массы почвы и вниз по профилю уменьшается до 7,6—9,1 % в слое 140—150 см. С учетом плотности сложения количественные показатели МГ и закономерности их профильного распределения существенно изменяются: 10,1—12,5 % от объема почвы в пахотных горизонтах с увеличением до 12,2—14,7 % в почвообразующей породе. ВЗ, рассчитанная к массе почвы, уменьшается сверху вниз по профилю черноземов от 13,1—14,5 % до 10,8—12,7 %, в то время как приведенная к объему почвы обычно возрастает, варьируя в пределах от 14,2—17,9 % в пахотных горизонтах до 17,3—20,6 % в слое 140—150 см. Запас непродуктивной влаги достигает 44—49 мм в слое 0—30 см, 78—87 мм в слое 0—50 см и 169—184 мм в слое 0—100 см.

Несмотря на довольно высокие показатели непродуктивной влаги, черноземы типичные исследуемых делянок могут накапливать весьма значительные запасы продуктивной влаги, что является следствием очень благоприятных в агрономическом отношении величин НВ и ВРК. Их максимальные значения наблюдаются в пахотных горизонтах: соответственно от массы почвы 27,2—34,8 % и 21,0—24,7 %, а от объема почвы 32,9—37,2 % и 24,7—26,9 %. Вниз по профилю чернозе-

мов НВ, рассчитанная к массе почвы, заметно уменьшается до 18,3—22,2 % в слое 140—150 см, приведенная же к объему почвы очень плавно снижается до 30,2—34,2 %. ВРК, отнесенная к массе почвы, также как и НВ, заметно уменьшается с глубиной, варьируя в почвообразующей породе в пределах 14,6—17,5 %, а рассчитанная к объему почвы мало изменяется в пределах полутораметровой толщи, обнаруживая нередко небольшое увеличение в нижней части гумусового горизонта (табл. 2, 3). Вследствие такого соотношения основных водно-физических показателей максимальные значения ДАВ, приведенные к объему почвы, наблюдаются в пахотных горизонтах черноземов исследуемых делянок (15,8—21,7 %), а минимальные—в почвообразующей породе (10,3—15,5 %). ДОПВ также уменьшается от 9,2—10,8 % от объема почвы в слое 0—10 см до 5,1—7,5 % на глубине 140—150 см. Максимально возможный запас продуктивной влаги изменяется в довольно узких пределах и составляет в слоях 0—30 см — 54—62 мм, 0—50 см — 84—100 мм и 0—100 см — 154—182 мм. Запас оптимально-продуктивной влаги существенно ниже (примерно 50 % от ДАВ) и варьирует по соответствующим слоям в пределах 26—31, 41—49 и 75—91 мм (табл. 4).

Интегрирующим показателем структурного состава и основных физических свойств почв является их водопроницаемость. Скорость водопрони-

Водно-физические свойства черноземов типичных, % от объема почвы

№ разреза, варианты опыта	Глубина, см	МГ	ВЗ	ВРК	НВ	ПВ	ДАВ	ДОПВ	ВНВ	ДОПВ ДАВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кукуруза (монокультура) — 1-й год										
22 Т/П контроль	0—10	10,4	14,8	24,9	35,1	56,2	20,3	10,2	21,1	0,50
	20—30	12,0	17,1	25,5	33,4	54,2	16,3	7,9	20,8	0,48
	40—50	13,2	18,8	26,2	34,3	51,7	15,5	8,1	17,9	0,52
	60—70	13,9	19,7	27,3	34,6	48,5	14,9	7,3	13,9	0,49
	80—90	13,3	18,9	27,0	34,5	47,5	15,6	7,5	13,0	0,48
	100—110	13,4	18,8	26,3	33,4	45,5	14,6	7,1	12,1	0,49
	120—130	12,8	17,7	25,7	33,1	43,7	15,4	7,4	10,6	0,48
	140—150	12,5	17,5	25,4	32,7	41,3	15,2	7,3	8,6	0,48
23 Т/П навоз 14 т/га	0—10	10,5	14,9	26,8	36,0	56,8	21,1	9,2	20,8	0,44
	20—30	11,7	16,6	25,9	34,6	55,6	18,0	8,7	21,0	0,48
	40—50	12,9	18,2	26,5	34,6	52,5	16,4	8,1	17,9	0,49
	60—70	13,5	19,2	27,2	35,1	49,0	15,9	7,9	13,9	0,50
	80—90	13,4	18,8	26,9	35,1	48,1	16,3	8,2	13,0	0,50
	100—110	13,4	18,7	27,2	34,1	46,3	15,4	6,9	12,2	0,45
	120—130	13,7	19,2	27,8	34,8	43,5	15,6	7,0	8,7	0,45
	140—150	14,0	19,6	27,0	34,2	43,0	14,6	7,2	8,8	0,49
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	10,7	15,2	25,8	36,2	55,6	21,0	10,4	19,4	0,50
	20—30	12,3	17,5	26,9	36,2	52,7	18,7	9,3	16,5	0,50
	40—50	13,4	18,9	27,4	35,8	50,4	16,9	8,4	14,6	0,50
	60—70	13,5	19,0	27,6	35,1	48,5	16,1	7,5	13,4	0,47
	80—90	13,5	19,0	27,7	35,6	46,6	16,6	7,9	11,0	0,48
	100—110	13,3	18,8	26,5	34,2	45,0	15,4	7,7	10,8	0,50
	120—130	12,8	18,2	26,0	33,9	42,8	15,7	7,9	8,9	0,50
	140—150	12,2	17,3	25,3	32,8	40,7	15,5	7,5	7,9	0,48
Сахарная свекла (севооборот) — 1-й год										
25 Т/П контроль	0—10	10,3	14,6	24,7	34,9	58,4	20,3	10,2	23,5	0,50
	20—30	11,8	16,7	25,1	33,4	55,4	16,7	8,3	22,0	0,50
	40—50	12,9	18,2	25,8	33,1	52,3	14,9	7,3	19,2	0,49
	60—70	13,2	18,6	25,7	32,6	51,0	14,0	6,9	18,4	0,49
	80—90	13,5	18,9	26,1	33,2	48,9	14,3	7,1	15,7	0,50
	100—110	13,8	19,4	26,8	33,7	46,3	14,3	6,9	12,6	0,48
	120—130	13,1	18,3	26,0	33,2	44,2	14,9	7,2	11,0	0,48
	140—150	13,0	18,4	25,7	32,8	41,9	14,4	7,1	9,1	0,49

Таблица 3 (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26 Т/П навоз 14 т/га	0—10	10,4	14,8	25,6	35,9	59,0	21,1	10,3	23,1	0,49
	20—30	10,9	15,4	25,6	35,6	56,8	20,2	10,0	21,2	0,50
	40—50	12,2	17,3	26,6	35,7	53,3	18,4	9,1	17,6	0,49
	60—70	13,2	18,7	27,6	36,3	50,2	17,6	8,7	13,9	0,49
	80—90	13,4	19,2	27,0	34,5	48,5	15,3	7,5	14,0	0,49
	100—110	13,1	18,5	26,0	33,5	46,8	15,0	7,5	13,3	0,50
	120—130	12,9	18,3	25,9	33,3	42,8	15,0	7,4	9,5	0,49
	140—150	12,3	17,5	24,8	32,1	41,5	14,6	7,3	9,4	0,50
27 Т/П N60P60K60	0—10	11,0	15,5	26,4	37,2	56,2	21,7	10,8	19,0	0,50
	20—30	11,4	16,1	25,8	35,2	53,5	19,1	9,4	18,3	0,49
	40—50	12,2	17,4	26,6	35,8	50,0	18,4	9,2	14,2	0,50
	60—70	12,8	18,2	26,9	35,3	47,7	17,1	8,4	12,4	0,49
	80—90	13,1	18,4	26,5	34,3	46,3	15,9	7,8	12,0	0,49
	100—110	13,4	18,9	26,9	34,7	44,2	15,8	7,8	9,5	0,49
	120—130	13,4	18,8	26,9	34,6	41,5	15,8	7,7	6,9	0,49
	140—150	13,0	18,4	26,1	33,6	39,9	15,2	7,5	6,3	0,49
Кукуруза (монокультура) — 2-й год										
22 Т/П контроль	0—10	10,5	14,9	25,0	34,7	55,8	19,8	9,7	21,1	0,49
	20—30	12,5	17,9	26,0	33,7	52,3	15,8	7,7	18,6	0,49
	40—50	13,5	19,2	26,8	34,1	50,6	14,9	7,3	16,5	0,49
	60—70	14,0	19,9	26,9	33,7	48,1	13,8	6,8	14,4	0,49
	80—90	13,3	18,9	26,1	32,9	47,5	14,0	6,8	14,6	0,49
	100—110	13,6	19,1	25,8	32,4	44,8	13,3	6,6	12,4	0,50
	120—130	13,3	18,3	24,8	31,0	41,8	12,7	6,2	10,8	0,49
	140—150	13,0	18,2	24,4	30,3	39,0	12,1	5,9	8,7	0,49
23 Т/П навоз 14 т/га	0—10	10,1	14,2	25,0	34,8	58,8	20,6	9,8	24,0	0,48
	20—30	11,8	16,7	26,3	35,1	55,2	18,4	8,8	20,1	0,48
	40—50	13,1	18,5	27,0	34,8	51,7	16,3	7,8	16,9	0,48
	60—70	13,6	19,3	26,9	34,0	48,7	14,7	7,1	14,7	0,48
	80—90	13,4	18,8	26,2	33,4	48,1	14,6	7,2	14,7	0,49
	100—110	13,6	19,0	25,8	32,4	45,5	13,4	6,6	13,1	0,49
	120—130	14,0	19,7	25,6	31,5	42,0	11,8	5,9	10,5	0,50
	140—150	14,7	20,6	25,8	30,9	40,0	10,3	5,1	9,1	0,50
24 Т/П N60P60K60	0—10	10,2	14,5	24,8	34,7	57,5	20,2	9,9	22,8	0,49
	20—30	11,7	16,6	25,0	32,9	55,0	16,3	7,9	22,1	0,48
	40—50	13,5	19,0	27,0	34,8	50,0	15,8	7,8	15,2	0,49
	60—70	13,6	19,2	26,9	34,3	48,1	15,1	7,4	13,8	0,49
	80—90	13,3	18,8	26,0	33,2	47,4	14,4	7,2	14,2	0,50
	100—110	13,2	18,7	25,4	32,0	45,4	13,3	6,6	13,4	0,50
	120—130	13,1	18,6	25,0	31,3	41,3	12,7	6,3	10,0	0,50
	140—150	12,5	17,8	24,1	30,2	38,9	12,4	6,1	8,7	0,49

Таблица 3 (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кукуруза (севооборот) — 2-й год										
25 Т/П контроль	0—10	10,8	15,2	25,6	35,5	56,4	20,3	9,9	20,9	0,49
	20—30	12,5	17,5	26,1	34,1	53,1	16,6	8,0	19,0	0,48
	40—50	13,4	19,0	26,6	33,9	50,4	14,9	7,3	16,5	0,49
	60—70	13,7	19,3	26,4	33,4	49,0	14,1	7,0	15,6	0,50
	80—90	13,9	19,5	26,5	33,0	47,4	13,5	6,5	14,4	0,48
	100—110	14,0	19,7	26,7	33,4	45,5	13,7	6,7	12,1	0,49
	120—130	13,6	19,0	26,2	33,2	42,0	14,2	7,0	8,8	0,49
	140—150	13,4	18,8	25,6	32,4	40,4	13,6	6,8	8,0	0,50
26 Т/П навоз 14 т/га	0—10	10,1	14,4	25,2	35,5	60,2	21,1	10,3	24,7	0,49
	20—30	10,4	14,7	24,7	34,3	58,8	19,6	9,6	24,5	0,49
	40—50	12,6	17,9	26,8	35,7	51,7	17,8	8,9	16,0	0,50
	60—70	13,1	18,6	27,3	35,8	50,6	17,2	8,5	14,8	0,49
	80—90	13,3	19,0	26,8	34,5	48,9	15,5	7,7	14,4	0,50
	100—110	13,3	18,9	26,2	33,5	45,7	14,6	7,3	12,2	0,50
	120—130	13,3	18,8	25,9	33,0	41,3	14,2	7,1	8,3	0,50
	140—150	12,9	18,3	25,1	31,8	38,9	13,5	6,7	7,1	0,50
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—10	10,5	14,8	25,1	34,8	58,1	20,0	9,7	23,3	0,49
	20—30	11,4	16,1	25,9	35,3	53,5	19,2	9,4	18,2	0,49
	40—50	12,0	17,2	26,6	35,9	50,8	18,7	9,3	14,9	0,50
	60—70	12,3	17,4	25,9	35,2	50,0	17,8	9,3	14,8	0,52
	80—90	12,9	18,2	26,4	34,5	47,0	16,3	8,1	12,5	0,50
	100—110	13,4	18,9	26,6	34,2	44,2	15,3	7,6	10,0	0,50
	120—130	13,6	19,0	26,4	33,8	40,7	14,8	7,4	6,9	0,50
	140—150	13,1	18,5	25,9	33,1	39,5	14,6	7,2	6,4	0,49

Таблица 4

Водно-физические показатели черноземов типичных, мм

№ разреза, варианты опыта	Мощность слоя, см	ВЗ	ВРК	НВ	ДАВ	ДОПВ	ДОПВ ДАВ
1	2	3	4	5	6	7	8
Кукуруза (монокультура) — 1-й год							
22 Т/П контроль	0—30	48	76	103	55	27	0,49
	0—50	85	128	171	86	43	0,50
	50—100	97	136	173	76	37	0,49
	0—100	182	264	344	162	80	0,49
23 Т/П навоз 14 т/га	0—30	47	79	106	59	27	0,46
	0—50	83	132	175	92	43	0,47
	50—100	95	135	176	81	41	0,51
	0—100	178	267	351	173	84	0,49

Таблица 4 (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—30	49	79	109	60	30	0,50
	0—50	86	134	180	94	46	0,49
	50—100	95	138	177	82	39	0,48
	0—100	181	272	357	176	85	0,48
Сахарная свекла (севооборот) — 1-й год							
25 Т/П контроль	0—30	47	75	102	55	27	0,49
	0—50	83	126	169	86	43	0,50
	50—100	94	130	165	71	35	0,49
	0—100	177	256	334	157	78	0,50
26 Т/П навоз 14 т/га	0—30	45	77	107	62	30	0,48
	0—50	79	130	179	100	49	0,49
	50—100	95	137	177	82	40	0,49
	0—100	174	267	356	182	89	0,49
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—30	47	78	109	62	31	0,50
	0—50	82	131	180	98	49	0,50
	50—100	92	134	174	82	40	0,49
	0—100	174	265	354	180	89	0,49
1	2	3	4	5	6	7	8
Кукуруза (монокультура) — 2-й год							
22 Т/П контроль	0—30	49	77	103	54	26	0,48
	0—50	87	130	171	84	41	0,49
	50—100	97	133	167	70	34	0,49
	0—100	184	263	338	154	75	0,49
23 Т/П навоз 14 т/га	0—30	46	77	105	59	28	0,47
	0—50	82	131	175	93	44	0,47
	50—100	92	133	169	77	36	0,47
	0—100	174	264	344	170	80	0,47
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—30	47	75	101	54	26	0,48
	0—50	84	128	171	87	43	0,49
	50—100	95	132	169	74	37	0,50
	0—100	179	260	340	161	80	0,50
Кукуруза (севооборот) — 2-й год							
25 Т/П контроль	0—30	49	78	104	55	26	0,47
	0—50	86	131	173	87	42	0,48
	50—100	97	132	166	69	34	0,49
	0—100	183	263	339	156	76	0,49
26 Т/П навоз 14 т/га	0—30	44	75	105	61	30	0,49
	0—50	78	128	176	98	48	0,49
	50—100	94	135	176	82	41	0,50
	0—100	172	263	352	180	89	0,49
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0—30	46	77	105	59	28	0,47
	0—50	80	129	177	97	48	0,49
	50—100	89	131	174	85	43	0,51

Водопроницаемость черноземов типичных, $\frac{\text{мм/мин}}{\text{мм/ч}}$

№ разреза, варианты опыта	Интервалы наблюдений, ч						Всего за 6 ч наблюдений, мм
	1	2	3	4	5	6	
Кукуруза (монокультура) — 1-й год							
22 Т/П контроль	$\frac{3,2}{192}$	$\frac{2,8}{168}$	$\frac{2,3}{138}$	$\frac{2,2}{132}$	$\frac{2,1}{126}$	$\frac{2,0}{120}$	876
23 Т/П навоз 14 т/га	$\frac{4,6}{276}$	$\frac{3,5}{210}$	$\frac{3,1}{186}$	$\frac{2,9}{174}$	$\frac{2,7}{162}$	$\frac{2,6}{156}$	1164
24 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	$\frac{3,9}{234}$	$\frac{3,1}{186}$	$\frac{2,7}{162}$	$\frac{2,4}{144}$	$\frac{2,2}{132}$	$\frac{2,2}{132}$	990
Сахарная свекла (севооборот) — 1-й год							
25 Т/П контроль	$\frac{4,1}{246}$	$\frac{2,9}{174}$	$\frac{2,5}{150}$	$\frac{2,3}{138}$	$\frac{2,1}{126}$	$\frac{2,1}{126}$	960
26 Т/П навоз 14 т/га	$\frac{4,7}{282}$	$\frac{3,4}{204}$	$\frac{2,8}{168}$	$\frac{2,6}{156}$	$\frac{2,5}{150}$	$\frac{2,4}{144}$	1104
27 Т/П N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	$\frac{4,6}{258}$	$\frac{3,1}{186}$	$\frac{2,7}{162}$	$\frac{2,5}{150}$	$\frac{2,4}{144}$	$\frac{2,3}{138}$	1038

нищаемости черноземов типичных исследуемых делянок характеризуется относительно невысокой динамичностью в пространстве и во времени и варьирует от 3,2—4,7 мм/мин в первый час наблюдений до 2,0—2,6 мм/мин в шестой час. Отношение максимальных величин водопроницаемости к минимальным на всех вариантах стационарного опыта изменяется в узких пределах: 1,6—2,0 и не обнаруживает заметной зависимости как от вносимых удобрений, так и от севооборотного фактора. Всего за шесть часов наблюдений черноземы исследуемых вариантов стационарного опыта способны усвоить 876—1164 мм влаги, в том числе за первый час — 192—282 мм, что в соответствии с оценочной шкалой Н. А. Качинского [7] является наилучшей (табл. 5).

Таким образом, черноземы типичные обладают весьма благоприятными агрофизическими свойствами даже при длительном бессменном выращивании кукурузы без применения удобрений. В то же время основные показатели структурного и физического состояния изучаемых почв верхних пределов оптимальных значений достигают на вариантах опыта с систематическим внесением органических удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. — М.: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
2. Растворова О.Г. Физика почв (Практическое руководство) / О.Г. Растворова. — Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1983. — 196 с.
3. Королев В.А. Изменение общих физических свойств черноземов типичных Среднерусской лесостепи под влиянием удобрений / В.А. Королев // Русский чернозем: юбилейный сб. науч. работ. — Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. — С. 125—133.
4. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. — М.: Агропромиздат, 1988. — 160 с.
5. Носко Б.С. Действие высоких доз минеральных удобрений на свойства почв и урожай культур / Б.С. Носко, А.Д. Михновская, В.В. Медведев и др. // Агрохимия. — 1977. — № 6. — С. 31—39.
6. Сапожников П.М. Структурно-механические и гидрофизические свойства типичных черноземов при применении удобрений / П.М. Сапожников, В.Ф. Уткаева, В.В. Аbruкова и др. // Почвоведение. — 1988. — № 10. — С. 67—74.
7. Качинский Н.А. Физика почвы / Н.А. Качинский. — М.: Высшая школа, 1970. — Ч. 2. — 358 с.

Королев Валерий Анатольевич — профессор Воронежского государственного университета, тел. (4732) 208-577, e-mail: v.a.korolev@mail.ru

Korolev V. A. — Professor, Voronezh State University, Biology and Soil Science Faculty, Tel. (4732) 208-577, e-mail: v.a.korolev@mail.ru