МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 631.445.41:631.452

doi: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-144-157

Уровни увлажнения черноземов, способствующие сохранению почвенного плодородия

Лидия Михайловна Докучаева¹, Рита Евгеньевна Юркова²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid/0000-0001-4831-7640>

²rita6161@list.ru, <https://orcid/0000-0001-8275-5834>

Аннотация. Цель: изучить влияние различных уровней увлажнения на свойства черноземов и урожайность возделываемых культур. **Материалы и методы.** Объекты исследований – чернозем обыкновенный, орошаемый пресной водой; чернозем обыкновенный, орошаемый слабоминерализованной водой; чернозем южный, орошаемый пресной водой (Ростовская область). Анализ и оценка данных почвенных образцов выполнены по общепринятым методикам. Математическая обработка данных проведена по Б. А. Доспехову. **Результаты.** Установлено, что урожайность сельскохозяйственных культур в среднем в варианте 0,8 т по сравнению с 1 т уменьшалась на 2–3 % (в пределах достоверности опыта), а экономия воды составляла 13–18 %. Увеличение водной нагрузки (1,3 т) способствовало при 4-летних поливах слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава возрастанию количества натрия до 9 % от суммы почвенного поглощающего комплекса (ППК) с одновременным уменьшением доли кальция до 69 % от суммы ППК и трансформацией почв из слабо- в среднещелочные (1,15 ммоль/100 г). Выявлено, что за 4 года исследований при орошении черноземов пресной водой в вариантах 1 т и 0,8 т наблюдается положительный баланс гумуса, а на черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой, и черноземах южных, обладающих природной солонцеватостью, во всех вариантах прослеживается отрицательный баланс гумуса. **Выводы.** Сравнивая результаты по свойствам почв, урожайности возделываемых культур и эффективности использования оросительной воды при различных уровнях увлажнения, следует отдать предпочтение увлажнению почв по норме, рассчитанной на биологическую потребность растений. Допускается снижение оросительной нормы от расчетной на 20 %, так как при таком уровне сохраняется плодородие черноземов, сокращается расход поливной воды при незначительном недоборе урожая возделываемых культур.

Ключевые слова: чернозем, уровни увлажнения, свойства почв, урожайность, оросительная норма, плодородие

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

Chernozem moisture levels contributing to soil fertility conservation

Lidiya M. Dokuchayeva¹, Rita Ye. Yurkova²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid/0000-0001-4831-7640>

²rita6161@list.ru, <https://orcid/0000-0001-8275-5834>

Abstract. Purpose: to study the effect of different levels of moisture on chernozems properties and the crop yield. **Materials and methods.** Research objects are ordinary chernozem irrigated with fresh water; ordinary chernozem, irrigated with low-mineralized water; southern chernozem irrigated with fresh water (Rostov region). Analysis and evaluation of these soil samples were carried out according to generally accepted methods. Mathematical processing of the data was carried out according to B. A. Dospekhov. **Results.** It was found that the average yield of agricultural crops in the 0.8 m variant compared to 1 t decreased by 2–3 % (within the limits of reliability of the experiment), and the water saving was 13–18 %. An increase in the water load (1.3 m) during 4-year irrigation with low-mineralized water of sulphate-sodium composition increased the amount of sodium to 9 % of the total soil absorbing complex (AUC) with a simultaneous decrease in the calcium proportion to 69 % of the total AUC and the transformation of soils from weakly to medium alkaline (1.15 mmol/100 g). It was revealed that for 4 years of research, when irrigating chernozems with fresh water in options 1 m and 0.8 m, a positive humus balance is observed, and on ordinary chernozems irrigated with low-mineralized water, and southern chernozems with natural solonetzicity, a negative humus balance is traced in all variants. **Conclusions.** Comparing the results on soil properties, the yield of cultivated crops and the efficiency of the use of irrigation water at various levels of moisture, one should give preference to soil moisture at a rate calculated for the biological need of plants. It is allowed to reduce the irrigation rate from the calculated one by 20 %, since at this level the chernozem fertility is preserved, the irrigation water consumption is reduced with a slight shortage of cultivated crops yield.

Keywords: chernozem, moisture levels, soil properties, productivity, irrigation rate, fertility

Введение. В зоне с недостаточным и неустойчивым увлажнением основным фактором, способствующим получению запланированных урожаев сельскохозяйственных культур, является влага. Для большинства культур орошаемых регионов разработаны оросительные нормы нетто и брутто с учетом их водопотребности [1]. Но оросительные нормы, особенно влаголюбивых культур, не всегда соответствуют свойствам почв, так как для оптимизации почвенных процессов требуются совершенно иные условия увлажнения [2]. Установлено, что применяемые при длительном орошении оросительные нормы, рассчитанные по потребности растений для получения наивысших урожаев, превышают нормы водопотребности орошаемых земель. Это привело к переполиву более 50 % площадей, что сопровождалось ухудшением мелиоративного состояния земель, вторичным засолением, солонцеватостью, ухудшением структурного состояния и возникновением других негативных процессов [3–7]. Это в целом снижало экологическую эффективность агроландшафтных систем [8, 9].

В связи с возникшей проблемой сохранения плодородия орошаемых земель, особенно черноземов, появилось множество рекомендаций по оптимизации режимов орошения, включающих сокращение числа поливов, осуществление поливов только в критические фазы, уменьшение поливной нормы. При этом критерием оценки этих воздействий являлись только урожайность культур и расход оросительной воды на прибавку урожая. С позиций влияния на свойства почв практически такие вопросы не рассматривались [10, 11].

Цель исследований – изучить влияние различных уровней увлажнения на свойства черноземов и урожайность возделываемых культур.

Материалы и методы. Исследования проводились в Ростовской области на черноземах обыкновенных, орошаемых пресной водой (Багаевский район), на черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой (Неклиновский район), и на черноземах южных, орошаемых пресной водой (Мартыновский район). Опыты закладывались по единой схеме:

- вариант 1 – богара;
- вариант 2 – 1 *m* – расчетная оросительная норма по потребности возделываемой культуры;
- вариант 3 – 0,6 *m* – расчетная норма снижена на 40 %;
- вариант 4 – 0,8 *m* – расчетная норма снижена на 20 %;
- вариант 5 – 1,3 *m* – расчетная норма увеличена на 30 %.

Возделывались следующие культуры: озимая пшеница, кукуруза на зерно, соя на зерно, кукуруза на силос, сорго на зерно.

Агротехника культур – согласно зональной системе земледелия [12].

Уборка урожая сельскохозяйственных культур проводилась в трехкратной повторности по постоянным динамическим площадкам, на которых ежегодно осуществлялся отбор образцов почвы после уборки культур по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см.

В образцах почв сделаны следующие виды анализов: водная вытяжка, гранулометрический состав, микроагрегатный состав, состав почвенного поглощающего комплекса (ППК), общий гумус, нитратный азот, подвижный фосфор, обменный калий по общепринятым методикам [13].

В шурфах определялась плотность сложения почв методом режущего кольца по Качинскому¹. Пористость и коэффициент дисперсности определялись расчетными методами. Математическая обработка данных проведена по Б. А. Доспехову².

Результаты и обсуждение. Полевые опыты, проведенные на различных видах черноземов с орошением водой разной минерализации, подтвердили целесообразность снижения оросительной нормы на 20 % без ущерба урожайности возделываемых культур (таблица 1) и почвенному плодородию.

Таблица 1 – Влияние уровней увлажнения на урожайность сельскохозяйственных культур и расход оросительной воды в среднем за 4 года

Вариант	Урожайность, т к. е./га	Прибавка, т к. е./га	Оросительная норма, м ³ /га	Расход оросительной воды на 1 т к. е., м ³	Расход оросительной воды на прибавку урожая, м ³ /га
1	2	3	4	5	6
Черноземы обыкновенные, орошаемые пресной водой					
Богара	4,16	–	0	0	0
1 т – расчетная норма	6,95	2,79	1855	266,9	744,65
0,6 т	5,50	1,34	1113	202,4	271,22
0,8 т	6,73	2,57	1484	220,5	566,69
1,3 т	5,89	1,73	2412	409,5	708,45
НСР ₀₅ , т/га	–	0,29	–	–	–
Черноземы обыкновенные, орошаемые слабоминерализованной водой					
Богара	3,38	0	0	0	–
1 т – расчетная норма	5,26	1,88	923	175,5	330,0
0,6 т	4,09	0,71	554	135,4	96,2
0,8 т	5,14	1,76	738	143,6	252,7
1,3 т	4,34	0,96	1200	276,5	265,4
НСР ₀₅ , т/га	–	0,10	–	–	–

¹Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Черноземы южные, орошаемые пресной водой					
Богара	4,05	0	0	0	0
1 т – расчетная норма	6,80	2,75	1365	200,7	551,9
0,6 т	5,14	1,09	819	159,3	173,6
0,8 т	6,62	2,57	1092	165,0	424,1
1,3 т	5,55	1,50	1775	318,8	479,7
НСР ₀₅ , т/га	–	0,19	–	–	–

Как видно из данных таблицы 1, урожайность культур (возделывались в опытах в основном озимая пшеница, кукуруза на зерно, соя, кукуруза на силос) на всех видах черноземов в варианте с расчетной нормой по потребности растений (1 т) в среднем за 4 года увеличивалась от 62–68 % при орошении пресной водой до 52 % при орошении слабоминерализованной водой по сравнению с контролем (богарой). Всего на 4–5 % снижалась урожайность культур при уменьшении оросительной нормы на 20 % по сравнению с расчетной нормой (1 т), т. е. в пределах достоверности полевого опыта. Но в то же время в этом варианте уменьшался расход воды на 25–23 % на получение дополнительной продукции, т. е. на прибавку урожая.

Уменьшенная на 40 % оросительная норма увеличивала урожайность культур по сравнению с богарой всего на 21–32 % в зависимости от погодных условий, свойств почв и качества оросительной воды. Это, безусловно, перечеркивает целесообразность введения такого режима, а увеличение нормы на 20–30 % также не оправдывается из-за снижения урожайности по сравнению с расчетной нормой в пределах 17–25 %, значительного увеличения затрат воды на получение 1 т к. е. дополнительной продукции и в целом из-за потери плодородия почв.

Так, этот расход воды на черноземах обыкновенных, орошаемых пресной водой, составил 409,5 м³, а расход воды на прибавку урожая равнялся 708,45 м³/га. На черноземах, орошаемых слабоминерализованной во-

дой, эти данные соответственно равнялись 276,5 м³ и 265,4 м³/га, а на черноземах южных – 319,8 м³ и 479,7 м³/га.

Орошаемые черноземы в большей степени подвержены негативным процессам. Почвы теряют структуру, о чем свидетельствует коэффициент дисперсности, превышающий 10 единиц, и уплотняются (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние различных уровней увлажнения на физические свойства черноземов в слое 0–60 см

Вариант опыта	Физическая глина при гранулометрическом анализе (< 0,01 мм), %	Ил гранулометрический (< 0,001 мм), %	Ил микроагрегатный, %	Плотность сложения почвы, т/м ³	Коэффициент дисперсности	Порозность, %
1	2	3	4	5	6	7
Черноземы обыкновенные, орошаемые пресной водой (1-й год освоения)						
Богара	59,6	35,4	1,8	1,31	5	49
1 т – расчетная норма	60,1	37,9	2,1	1,23	8	54
0,6 т	58,8	33,2	2,0	1,27	6	52
0,8 т	57,0	33,1	1,8	1,23	5	54
1,3 т	58,7	34,6	2,1	1,26	6	52
4-й год освоения						
Богара	62,9	34,5	2,4	1,35	7	48
1 т – расчетная норма	63,8	34,4	1,8	1,28	6	53
0,6 т	62,0	32,9	2,1	1,32	6	50
0,8 т	62,6	31,7	2,0	1,30	6	51
1,3 т	64,8	42,7	2,9	1,38	10	49
Черноземы обыкновенные, орошаемые слабоминерализованной водой (1-й год освоения)						
Богара	61,7	36,9	2,5	1,22	7	50
1 т – расчетная норма	60,0	39,2	4,5	1,35	11	48
0,6 т	59,8	38,8	3,5	1,32	9	49
0,8 т	60,3	38,5	3,9	1,34	10	48
1,3 т	58,5	39,0	4,6	1,37	12	47
4-й год освоения						
Богара	60,5	35,3	2,7	1,25	8	49
1 т – расчетная норма	58,7	38,9	4,6	1,38	12	47
0,6 т	59,3	36,9	3,8	1,33	10	48
0,8 т	60,1	38,5	4,2	1,36	11	47
1,3 т	58,7	46,9	5,1	1,40	14	45

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Черноземы южные, орошаемые пресной водой (1-й год освоения)						
Богара	63,4	33,8	1,7	1,34	5	47
1 т – расчет- ная норма	63,9	36,4	2,3	1,27	6	52
0,6 т	64,5	37,1	3,1	1,29	8	50
0,8 т	59,6	36,4	3,0	1,27	8	52
1,3 т	64,8	36,5	3,4	1,28	9	53
4-й год освоения						
Богара	60,2	34,7	1,9	1,35	6	48
1 т – расчет- ная норма	61,6	34,0	2,7	1,30	10	53
0,6 т	58,5	35,6	2,8	1,32	8	54
0,8 т	60,6	34,0	2,7	1,34	8	54
1,3 т	62,5	44,0	2,6	1,39	11	47

Это происходит за счет увеличения илистой фракции при определении гранулометрического состава, особенно в варианте с оросительной нормой 1,3 т. Она возрастает в пределах 20 % по сравнению с исходными данными и контролем.

За счет увеличения плотности сложения почв ухудшается порозность, почва приобретает неудовлетворительное для пахотного слоя состояние (порозность менее 50 %) [13]. Это подтверждает полученная зависимость, в которой коэффициент детерминации составил 79 % (рисунок 1).

Рисунок 1 – Зависимость порозности почв от плотности сложения

Из физико-химических свойств особенно проявляется солонцеватость, а в некоторых случаях и слабая щелочность. Из данных таблицы 3 видно, что это характерно для земель, которые поливаются слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава (черноземов обыкновенных), и черноземов южных, которые орошаются водой хорошего качества, но обладают природной солонцеватостью и имеют в ППК низкое содержание кальция.

Таблица 3 – Влияние уровней увлажнения на изменение физико-химических свойств в слое 0–100 см

Вариант опыта	Год	Сумма солей, %	Токсичные соли, %	Щелочность		Σ ППК, ммоль (экв)/100 г	% от Σ ППК		
				pH	$\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$, ммоль(экв)/100 г		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Черноземы обыкновенные, орошаемые пресной водой									
Богара	1-й	0,10	0,05	7,7	0,65	24,55	81	18	1
	4-й	0,07	0,04	7,3	0,58	22,58	78	21	1
1 т – расчетная норма	1-й	0,06	0,03	7,0	0,37	26,71	79	19	2
	4-й	0,12	0,07	7,5	0,45	21,65	78	20	2
0,6 т	1-й	0,12	0,06	7,3	0,47	26,02	79	18	3
	4-й	0,07	0,04	7,3	0,38	22,27	77	21	2
0,8 т	1-й	0,08	0,07	7,3	0,40	25,26	82	15	3
	4-й	0,11	0,06	7,3	0,47	21,88	80	18	2
1,3 т	1-й	0,16	0,15	7,3	0,58	25,64	72	24	4
	4-й	0,07	0,05	7,3	0,42	21,06	71	25	4
Черноземы обыкновенные, орошаемые слабоминерализованной водой									
Богара	1-й	0,09	0,06	7,8	0,65	29,5	83	16	1
	4-й	0,10	0,06	7,9	0,68	28,9	81	17	2
1 т – расчетная норма	1-й	0,140	0,08	8,6	0,89	27,5	73	20	7
	4-й	0,158	0,103	8,9	0,97	26,1	71	22	8
0,6 т	1-й	0,138	0,07	8,1	0,87	27,8	73	21	6
	4-й	0,140	0,08	8,3	0,90	28,1	72	21	7
0,8 т	1-й	0,140	0,07	8,5	0,95	26,9	73	19	8
	4-й	0,152	0,08	8,7	0,98	26,5	72	21	7
1,3 т	1-й	0,143	0,08	8,3	0,87	28,1	73	20	7
	4-й	0,174	0,09	8,9	1,15	23,9	69	22	9
Черноземы южные, орошаемые пресной водой									
Богара	1-й	0,07	0,09	7,7	0,45	23,1	72	25	3
	4-й	0,05	0,04	7,6	0,43	24,5	71	26	3

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 <i>m</i> – расчетная норма	1-й	0,06	0,02	7,5	0,57	25,6	71	23	4
	4-й	0,08	0,05	7,6	0,49	24,9	73	24	3
0,6 <i>m</i>	1-й	0,07	0,03	7,5	0,42	25,8	72	25	3
	4-й	0,07	0,04	7,6	0,40	24,7	71	25	4
0,8 <i>m</i>	1-й	0,07	0,03	7,5	0,61	26,4	74	23	3
	4-й	0,08	0,04	7,5	0,47	25,8	74	23	3
1,3 <i>m</i>	1-й	0,06	0,03	7,6	0,75	24,2	73	24	3
	4-й	0,07	0,04	7,1	0,70	25,5	72	24	4

Рассматривая непосредственно воздействие различных уровней увлажнения на черноземы, отмечаем на всех их видах за 4-летний период незначительное изменение свойств при снижении оросительных норм на 40 и 20 %. Но в то же время увеличение их на 30 % уже способствует возрастанию обменного натрия в ППК и снижению обменного кальция даже при поливах водой гидрокарбонатно-кальциевого состава.

При поливах слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава на фоне увеличения оросительной нормы на 30 % содержание обменного кальция уменьшилось на 2 %, а доля натрия за 4 года поливов увеличилась на 1 % в абсолютных единицах по сравнению с расчетной нормой (1 *m*). В южных черноземах, в которых и в богарных условиях присутствует солонцеватость, характеризуемая 3% содержанием натрия, при орошении параметр увеличивается до 4 %.

Увеличение водной нагрузки (1,3 *m*) способствовало при 4-летних поливах слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава возрастанию до 9 % натрия от Σ ППК с одновременным уменьшением доли кальция до 69 % от Σ ППК и трансформацией почв из слабо- в среднещелочные (1,15 ммоль/100 г). Аналогичная ситуация складывается и на южных черноземах, обладающих природной солонцеватостью. Но в них орошение пресной водой сдерживает накопление обменного натрия и не способствует появлению щелочности. Что касается обеспеченности почв богары и орошения гумусом и питательными элементами, то следует отме-

титель, что черноземы обыкновенные, поливаемые пресной водой гидрокарбонатно-кальциевого состава, при орошении биологически оптимальными оросительными нормами содержат большее количество гумуса по сравнению с богарой (рисунок 2). Видимо, это связано с лучшим развитием растений при орошении, что способствует обогащению их в большей степени пожнивно-корневыми остатками.

Рисунок 2 – Изменение содержания общего гумуса на черноземах обыкновенных при поливах пресной водой на фоне разных уровней увлажнения

На черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой, и черноземах южных, обладающих природной солонцеватостью, накопления гумуса за 4-летний период не произошло. Во всех вариантах опыта на этих почвах просматривается отрицательный баланс гумуса.

Обеспеченность элементами питания различных черноземов в зависимости от уровней увлажнения показана в таблице 4. Из данных таблицы 4 видно, что она не зависит от уровней увлажнения и свойств почв, а определяется культурой земледелия и применяемой системой внесения

удобрений. Поэтому в приведенных опытах и после 4 лет исследований обеспеченность элементами питания практически остается на одном уровне – средняя, высокая и очень высокая.

Таблица 4 – Изменение обеспеченности черноземов питательными веществами при различных уровнях увлажнения в слое 0–40 см

В мг/кг				
Вариант	Год	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃
Черноземы обыкновенные, орошаемые пресной водой				
Богара	1-й	35	280	61
	4-й	28	300	42
1 т – расчетная норма	1-й	41	240	61
	4-й	32	310	41
0,6 т	1-й	41	240	59
	4-й	34	320	41
0,8 т	1-й	41	250	60
	4-й	34	340	42
1,3 т	1-й	34	230	64
	4-й	38	330	67
Черноземы обыкновенные, орошаемые слабоминерализованной водой				
Богара	1-й	29	340	44
	4-й	28	345	40
1 т – расчетная норма	1-й	27	346	42
	4-й	25	333	39
0,6 т	1-й	30	348	43
	4-й	29	340	42
0,8 т	1-й	28	342	41
	4-й	26	337	38
1,3 т	1-й	28	348	42
	4-й	26	341	39
Черноземы южные, орошаемые пресной водой				
Богара	1-й	21	440	99
	4-й	20	430	24
1 т – расчетная норма	1-й	26	470	83
	4-й	28	460	33
0,6 т	1-й	40	480	103
	4-й	45	480	38
0,8 т	1-й	23	430	86
	4-й	38	480	59
1,3 т	1-й	25	420	89
	4-й	26	480	25

Выводы

1 Сравнивая результаты по свойствам почв, урожайности возделываемых культур и эффективности использования оросительной воды при раз-

личных уровнях увлажнения, следует отдать предпочтение увлажнению почв по норме, рассчитанной на биологическую потребность растений. Допускается снижение оросительной нормы от расчетной на 20 %, так как при таком уровне сохраняется плодородие черноземов, сокращается расход поливной воды на 1 т з. е. при незначительном недоборе урожая возделываемых культур. Так, урожайность сельскохозяйственных культур в среднем в варианте 0,8 т по сравнению с 1 т уменьшалась на 2–3 % (в пределах достоверности опыта), а экономия воды составляла 13–18 %.

2 Увеличение водной нагрузки (1,3 т) способствовало при 4-летних поливах слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава возрастанию доли натрия до 9 % от Σ ППК с одновременным уменьшением количества кальция до 69 % от Σ ППК и трансформацией почв из слабощелочные (1,15 ммоль/100 г).

3 За 4 года исследований при орошении черноземов пресной водой в вариантах 1 т и 0,8 т наблюдается положительный баланс гумуса. На черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой, и черноземах южных, обладающих природной солонцеватостью, во всех вариантах прослеживается отрицательный баланс гумуса.

Список источников

1. ГОСТ Р 58331.3-2019. Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования. Введ. 2019-03-15. М.: Стандартинформ, 2019. 25 с.

2. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К обоснованию экологических норм водопотребности различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 105–121. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=916> (дата обращения: 03.03.2021).

3. Сенчуков Г. А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций. Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. 276 с.

4. Панов Н. П., Мамонтов В. Г. Почвенные процессы в орошаемых черноземах и каштановых почвах и пути предотвращения их деградации. М.: Россельхозакадемия, 2001. 253 с.

5. Ortiz F. C., Jin L. Chemical and hydrological controls on salt accumulation in irrigated soils of southwestern U.S // Geoderma. 2021. Vol. 391. 114976. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114976>.

6. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Негативные почвенные процес-

сы при регулярном орошении различных типов почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 1–21. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=926> (дата обращения: 03.03.2021).

7. Основные принципы нормирования водопотребности агроландшафтов [Электронный ресурс] / Ж. С. Мустафаев, А. Д. Рябцев, А. Т. Козыкеева, Т. С. Кененбаев, А. М. Сабденалинов. URL: <http://91.203.172.86/library/rus/mustafaev-et-all.pdf> (дата обращения: 03.03.2021).

8. Кирейчева Л. И., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587–596.

9. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3(43). С. 17–24.

10. Ильинская И. Н. Нормирование водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. 164 с.

11. Данильченко А. Н. Оценка возможности снижения оптимальных биоклиматических оросительных норм сельскохозяйственных культур // Доклады ТСХА: сб. ст. М.: Грин Эра 2: Сам полиграфист, 2015. Вып. 287, т. 2, ч. 1. С. 321–326.

12. Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013–2020 гг.). В 3 ч. Ч. 3 / С. С. Авдеев, А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. В. Гринько, Л. М. Докучаева, Н. А. Иванова, И. Н. Ильинская, Н. П. Кривко, Ю. Г. Кузнецов, В. А. Кулыгин, А. В. Лабынцев, В. В. Огнев, С. В. Пасько, С. А. Селицкий, Г. А. Сенчуков, О. А. Целуйко, В. В. Чулков, В. Н. Щедрин; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д., 2013. 352 с.

13. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.

References

1. GOST R 58331.3-2019. *Sistemy i sooruzheniya meliorativnye. Vodopotrebnost' dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Obshchie trebovaniya* [Reclamation systems and structures. Water demand for irrigation of agricultural crops. General requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2019, 25 p. (In Russian).

2. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. [On the substantiation of environmental rates of water demand of various soil types for improving reclamation state and soil fertility]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(29), pp. 105–121, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=916> [accessed 03.03.2021]. (In Russian).

3. Senchukov G.A., 2001. *Landshaftno-ekologicheskie i organizatsionno-khozyaystvennye aspekty obosnovaniya vodnykh melioratsiy* [Landscape-Ecological and Organizational-Economic Aspects of the Substantiation of Water Reclamation]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh Publ., 276 p. (In Russian).

4. Panov N.P., Mamontov V.G., 2001. *Pochvennye protsessy v oroshaemykh chernozemakh i kashtanovykh pochvakh i puti predotvrashcheniya ikh degradatsii* [Soil Processes in Irrigated Chernozems and Chestnut Soils and Ways to Prevent their Degradation]. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 253 p. (In Russian).

5. Ortiz F.C., Jin L., 2021. Chemical and hydrological controls on salt accumulation in irrigated soils of southwestern U.S. *Geoderma*, vol. 391, 114976, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114976>.

6. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. [Negative soil processes at continuous flow irrigation of various types of soils]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII*

Problem Melioratsii, no. 2(30), pp. 1-21, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=926> [accessed 03.03.2021]. (In Russian).

7. Mustafaev Zh.S., Ryabtsev A.D., Kozykeeva A.T., Kenenbaev T.S., Sabdenalinov A.M., 2021. *Osnovnye printsiipy normirovaniya vodopotrebnosti agrolandshaftov* [Basic principles of regulation of water demand in agricultural landscapes], available: <http://91.203.172.86/library/rus/mustafaev-et-all.pdf> [accessed 03.03.2021]. (In Russian).

8. Kireicheva L.I., Karpenko N.P., 2015. *Otsenka effektivnosti orositel'nykh melioratsiy v zonal'nom ryadu pochv* [Evaluation of the efficiency of irrigation reclamation in the zonal soil sequence]. *Pochvovedenie* [Soil Study], no. 5, pp. 587-596. (In Russian).

9. Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., 2016. *Retrospektivnyy analiz izmeneniya pochvenno-meliorativnykh usloviy oroshaemykh pochv yuga Rostovskoy oblasti* [Retrospective analysis of changes in soil-reclamation conditions of irrigated soils in the south of Rostov region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(43), pp. 17-24. (In Russian).

10. Ilinskaya I.N., 2001. *Normirovanie vodopotrebnosti dlya orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na Severnom Kavkaze* [Rationing of water demand for crop irrigation in the North Caucasus]. Novocherkassk, YURSTU, 164 p. (In Russian).

11. Danilchenko A.N., 2015. *Otsenka vozmozhnosti snizheniya optimal'nykh bioklimaticheskikh orositel'nykh norm sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Assessment of the possibility of decreasing optimal bioclimatic irrigation rates of agricultural crops]. *Doklady TSKHA: sb. st.* [Reports of TSKhA: Collection of Articles]. Moscow, Green Era 2, Sam Polygraphist Publ., iss. 287, vol. 2, pt. 1, pp. 321-326. (In Russian).

12. Avdeenko S.S., Babichev A.N., Balakay G.T., Voevodina L.A., Grinko A.V., Dokuchaeva L.M., Ivanova N.A., Ilinskaya I.N., Krivko N.P., Kuznetsov Yu.G., Kulygin V.A., Labyntsev A.V., Ognev V.V., Pasko S.V., Selitsky S.A., Senchukov G.A., Tseluiko O.A., Chulkov V.V., Shchedrin V.N., 2013. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti (na period 2013–2020 gg.)* [Zonal Farming Systems of Rostov Region (for the Period 2013–2020)]. In 3 parts, pt. 3, Ministry of Agriculture and Food of Rostov region, Rostov-on-Don, 352 p. (In Russian).

13. Shchedrin V.N., Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., Schedrin V.N., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines for Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p. (In Russian).

Информация об авторах

Л. М. Докучаева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

Р. Е. Юркова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

L. M. Dokuchayeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

R. Ye. Yurkova – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.03.2021; одобрена после рецензирования 19.04.2021; принята к публикации 23.04.2021.

The article was submitted 10.03.2021; approved after reviewing 19.04.2021; accepted for publication 23.04.2021.