

А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ КОМПЛЕКСНОГО ПОКРОВА ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРОШЕНИЯ

Цель: установить изменение свойств почв комплексного покрова под влиянием орошения для разработки соответствующих мероприятий по недопущению их дальнейшей деградации. **Материалы и методы.** Объект исследований – бурые полупустынные почвы в комплексе с солонцами, расположенные в районе Прикаспийской низменности. Анализ почвенных образцов и оценка данных проведены по общепринятым методикам. Математическая обработка данных осуществлена по Б. А. Доспехову. **Результаты.** Поливы, проводимые регулярно пресной водой в течение 6 лет средневзвешенной оросительной нормой около 5400 кубических метров на гектар, содействовали выщелачиванию водорастворимых солей в слое почвы комплексного покрова 0–40 см. Уменьшение общего содержания солей в этом слое составило 13 %, в солонцах – 46 %, а в слое 40–60 см, наоборот, наблюдается их накопление в количестве соответственно 9 и 18 %. В то же время поливы водой, имеющей II класс по степени опасности развития натриевой солонцеватости, увеличили в почвенном поглощающем комплексе содержание обменных натрия и магния в слое 0–40 см бурых почв соответственно на 50 и 26 %, а в солонцах на 60 и 21 % (в метровом слое соответственно на 25 и 9; 25 и 11 %). Количество водопрочных агрегатов в слое 0–40 см обеих почв снизилось на 20 %, а почвы уплотнились. Как следствие, водопроницаемость с поверхности в бурых почвах уменьшилась на 33 %, а на солонцах – на 27 %. Содержание гумуса в слое 0–40 см бурых почв сократилось на 10 %, на солонцах – на 20 % от исходного содержания. После 6 лет орошения его количество составило соответственно 90 и 80 %, что свидетельствует о наличии слабой и средней дегумификации. **Выводы.** Выявленные изменения свойств исследуемых почв свидетельствуют о необходимости проведения химической мелиорации, устраняющей солонцеватость и уплотнение, а также разработки соответствующих мероприятий, способствующих накоплению гумуса.

Ключевые слова: свойства почв; комплексный покров; бурые полупустынные почвы; орошение; мелиорация.

A. N. Babichev, L. M. Dokuchayeva, R. Ye. Yurkova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

CHANGE OF SOIL PROPERTIES OF COMPLEX COVER OF SEMI-DESERT ZONE INFLUENCED BY IRRIGATION

Purpose: to determine a change in the soil properties of a complex cover influenced by irrigation for developing the appropriate measures to prevent their further degradation. **Materials and methods.** The object of research is brown semi-desert soils in combination with solonchaks located in the region of the Caspian lowland. Soil samples and data assessment analysis was carried out according to generally accepted methods. Mathematical data processing was carried out according to B. A. Dospekhov. **Results.** Irrigation carried out regu-



larly with fresh water for 6 years with an average irrigation rate of about 5400 cubic meters per hectare contributed to the leaching of water-soluble salts in the soil layer of a complex cover of 0–40 cm. The decrease in the total salt content in this layer was 13 %, in solonetztes – 46 %, and in the layer of 40–60 cm, on the contrary, their accumulation is observed in the amount of 9 and 18 %, respectively. At the same time irrigation with water of class II by hazard degree of sodium alkalinity increased the content of exchangeable sodium and magnesium in the soil adsorption complex in the 0–40 cm layer of brown soils by 50 and 26 %, respectively, and in solonetztes by 60 and 21 % (in the meter layer, respectively, 25 and 9; 25 and 11 %). The number of water-resistant aggregates in the layer of 0–40 cm in both soils decreased by 20 %, and the soils became denser. As a result, water permeability from brown soils surface decreased by 33 % and in solonetztes – by 27 %. The humus content in the 0–40 cm layer of brown soils decreased by 10 % and on solonetztes – by 20 % of the initial content. After 6 years of irrigation, its amount was 90 and 80 %, respectively, which indicates the presence of weak and medium dehumification. **Conclusions.** The detected changes in properties of the soils studied indicate the need for chemical reclamation, which eliminates the salinity and compaction as well as the development of appropriate measures that contribute to the humus accumulation.

Key words: soil properties; complex cover; brown semi-desert soils; irrigation; land reclamation.

Введение. Многочисленные исследования, связанные с проблемой орошения, свидетельствуют об ухудшении свойств почв. Это было отмечено уже в 80–90 гг. прошлого столетия [1–4]. Особое внимание в те годы отводилось поднятию уровня грунтовых вод выше критических величин и вторичному глубинному засолению. В последующие годы развитие негативных почвенных процессов при орошении усилилось. Распространение получили процессы осолонцевания и подщелачивания почв, которые проявлялись как при поливе пресной водой, так и при использовании слабо-минерализованных вод сульфатно-натриевого состава [5–8].

Именно эти процессы спровоцировали уплотнение почв, разрушение структуры, дегумификацию, нарушение баланса питательных элементов [9–11]. Подобные явления в орошаемых почвах установлены зарубежными учеными [12, 13]. Таким образом, исследование показывает, что проблемы, возникающие при орошении, имеют комплексный характер. Их следует рассматривать с учетом климата, региональных особенностей почв и качества оросительных вод. Большинство потенциальных проблем выявляются уже на этапе проектирования при почвенно-мелиоративных изысканиях. Однако не всегда решения, принятые на основе интерпрета-

ции данных свойств почвы и воды, совпадают с фактическим развитием негативных процессов. Видимо, не все возможные последствия орошения можно учесть. Поэтому проведение исследований, посвященных влиянию орошения на свойства почв, остается актуальной задачей как для накопления данных, так и для принятия правильных решений по поддержанию и восстановлению почвенного плодородия.

В связи с этим объектом наших исследований являются почвы комплексного покрова вновь построенной (2012 г.) Райгородской оросительной системы (РОС), расположенной в полупустынной зоне.

В этом регионе зональным типом почв являются бурые полупустынные. Их объединяют в одну зону со светло-каштановыми почвами в силу сходства условий почвообразования и свойств этих почв. Они формируются в условиях резко континентального аридного климата. Годовое количество осадков составляет 150–200 мм, а испаряемость в четыре-пять раз больше, сумма температур более 10 °С располагается в границах 2000–3000 °С. Почвы имеют непромывной тип водного режима, а почвенный покров характеризуется высокой комплексностью [14]. Растительность в данных условиях развивается очень слабо. Главные факторы, лимитирующие рост сельскохозяйственных культур, – это недостаток влаги и низкое плодородие. Рассматриваемые почвы могут вовлекаться в орошение только после проведения специальных агромелиоративных мероприятий [15, 16].

Цель исследований – установить изменение свойств почв комплексного покрова под влиянием орошения для разработки соответствующих мероприятий по недопущению их дальнейшей деградации.

Материалы и методы. Объект исследований – бурые полупустынные почвы в комплексе с солонцами, расположенные в районе Прикаспийской низменности. Коэффициент увлажнения этой территории составляет 0,22–0,33, что ограничивает возможности выращивания сельскохозяйственных культур. В 2011 г. было проведено почвенно-мелиоративное обследование на предмет проектирования и строительства РОС. В 2012 г. эта систе-

ма введена в эксплуатацию. Почвообразующие породы здесь представлены лессовидными суглинками, а грунтовые воды расположены глубже 5 м, что не влияет на трансформацию почвенных процессов в метровой толще. Минерализация оросительной воды менее 0,5 г/дм³ (таблица 1). Расчет степени опасности применения данной воды проведен по рекомендациям С. Я. Бездониной [17]. Он показал, что при определенных условиях может развиваться процесс натриевого осолонцевания (II класс воды).

Таблица 1 – Характеристика оросительной воды Райгородской оросительной системы по степени опасности развития негативных почвенных процессов

Минерализация		Хлоридное засоление		Натриевое осолонцевание		Магниевое осолонцевание		Содообразование
г/дм ³	класс	Cl ⁻	класс	Ca ²⁺ /Na ⁺	класс	$\frac{Mg^{2+}}{Mg^{2+} + Ca^{2+}}$	класс	класс
0,43	I	1,28	I	1,18	II	0,33	I	I
Концентрация ионов выражена в ммоль(экв)/дм ³ .								

На исследуемом участке возделываются различные культуры, но приоритет отдается овощным. В связи с этим средневзвешенная оросительная норма за годы орошения (2012–2017 гг.) составила 5400 м³/га. Поскольку почвенный покров на РОС комплексный, отбор почвенных образцов проводился отдельно на бурых полупустынных почвах и солонцах по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см. Водно-физические свойства почв, а также гумус оценивались в основном корнеобитаемом слое (0–40 см), а физико-химические – по метровому слою. Отбор образцов почв осуществлялся в пятикратной повторности.

В эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ» проведены следующие виды анализов: состав водной вытяжки^{1, 2, 3, 4, 5}; состав

¹ ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

² ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

обменных оснований или почвенного поглощающего комплекса (ППК): Са и Mg⁶, Na⁷; агрегатный состав по Н. И. Саввинову [18]; гумус⁸. В поле определялась водопроницаемость и плотность сложения почвы методом режущего кольца по Н. А. Качинскому [18].

Математическая обработка данных проведена по Б. А. Доспехову [19]. Оценка данных по результатам почвенных анализов осуществлена с использованием «Руководства по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании» [20], «Методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [21], «Руководства по выявлению деградированных почв...» [22].

Результаты и обсуждение. Изменение направленности свойств почв комплексного покрова под влиянием орошения представлено в таблице 2. Расчеты среднеквадратичного отклонения и коэффициента вариации по общему содержанию солей, ППК, водно-физическим свойствам, общему гумусу как в 2011 г. (до орошения), так и в 2017 г. показали незначительную их изменчивость на обследуемом участке по повторностям, что подтверждает достоверность полученных данных об изменениях после 6 лет орошения.

³ ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁴ ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁵ ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁶ ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1986-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁷ ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

⁸ ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 1993-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

Таблица 2 – Изменение содержания солей и щелочности под влиянием орошения в почвах комплексного покрова Райгородской оросительной системы ($n = 5$)

Слой, см	2011 г.			2017 г.			Изменение, %	Щелочность, ммоль(экв)/100 г почвы		
	Сумма солей, %	Среднеквадратичное отклонение δ	Коэффициент вариации V	Сумма солей, %	Среднеквадратичное отклонение δ	Коэффициент вариации V		2011 г.	2017 г.	Изменение, %
Бурая полупустынная почва										
0–20	0,166	0,0032	2	0,144	0,002	2	–16	Ca > HCO ₃	Ca > HCO ₃	0
20–40	0,168	0,0042	2	0,152	0,003	2	–10	Ca > HCO ₃	Ca > HCO ₃	0
40–60	0,185	0,005	3	0,201	0,005	3	+9	Ca > HCO ₃	Ca > HCO ₃	0
60–80	0,293	0,007	2	0,282	0,006	2	–4	Ca > HCO ₃	0,12	0
80–100	0,303	0,008	3	0,319	0,007	2	+5	Ca > HCO ₃	Ca > HCO ₃	0
0–40	0,167	0,005	3	0,148	0,004	3	–13	Ca > HCO ₃	Ca > HCO ₃	0
0–100	0,223	0,005	2	0,220	0,005	2	–2	Ca > HCO ₃	Ca > HCO ₃	0
Солонец										
0–20	0,493	0,024	5	0,259	0,008	3	–47	1,20	Ca > HCO ₃	–100
20–40	0,497	0,028	6	0,273	0,007	3	–45	1,40	Ca > HCO ₃	–100
40–60	0,593	0,036	6	0,698	0,044	6	+18	1,0	0,32	–68
60–80	0,760	0,054	7	0,785	0,056	7	+3	0,97	0,68	–30
80–100	0,953	0,073	8	1,151	0,094	3	+20	0,87	0,65	–25
0–40	0,495	0,026	5	0,266	0,098	3	–46	1,30	Ca > HCO ₃	–100
0–100	0,659	0,043	6	0,633	0,042	6	–4	1,09	0,33	–70

Из данных таблицы 2 видно, что при поливах пресной водой происходит рассоление слоя 0–40 см как бурой полупустынной почвы, так и солонца. При этом выщелачивание водорастворимых солей в большей степени произошло на солонцах, чем на бурых почвах. Уменьшение общего содержания солей в этом слое соответственно составило 13 и 46 %. Глубже их количество несколько возрастало, а в целом в метровом слое их содержание за 6 лет орошения не изменилось.

Аналогичная ситуация сложилась и по токсичным солям (рисунок 1).

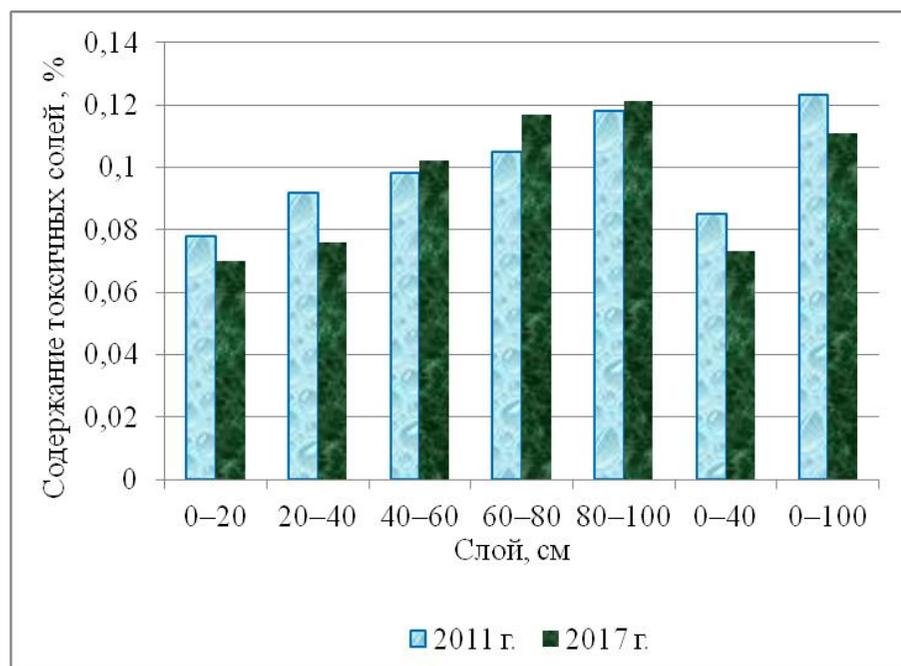
Результаты определения щелочности по Б. А. Зимовцу показали, что в бурых почвах она не была обнаружена по всему метровому слою ни в 2011 г. до орошения, ни в 2017 г., хотя отборы образцов почвы проводились в эти годы в конце августа. На солонцах до орошения она присутствовала во всех слоях в пределах слабой и средней степени от 0,87 до 1,4 ммоль(экв)/100 г почвы.

После 6 лет орошения щелочность в слое солонца 0–40 см не была обнаружена, так как содержание водорастворимого кальция (Са) превышало количество гидрокарбоната (HCO_3). Глубже проявлялись ее следы от 0,32 до 0,68 ммоль(экв)/100 г, что также характеризует почву как нещелочную.

В то же время поливы водой, способствующей развитию натриевой солонцеватости, увеличили в ППК содержание обменных натрия и магния. В слое бурых почв 0–40 см увеличение соответственно составило 50 и 26 %, в солонцах – 60 и 21 % (рисунок 2), в метровом слое соответственно 25 и 9; 25 и 11 % (таблица 3).

Возникновение в почвах натриевой и магниевой солонцеватости сопровождается диспергацией почвенной массы, что сказывается на водно-физических свойствах почв. Изменение их под влиянием орошения представлено в таблице 4.

а) бурые полупустынные почвы



б) солонец

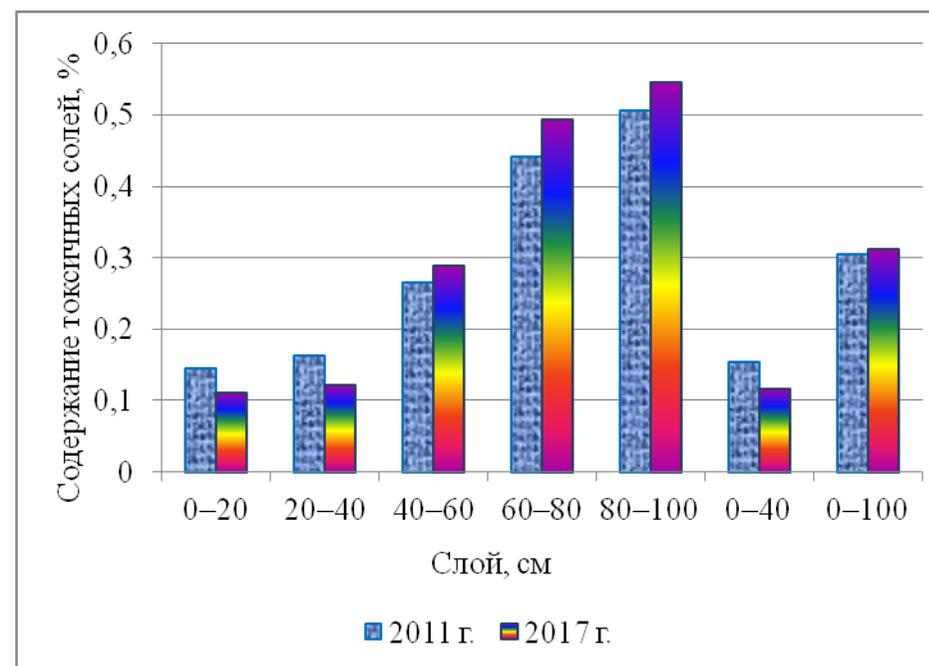
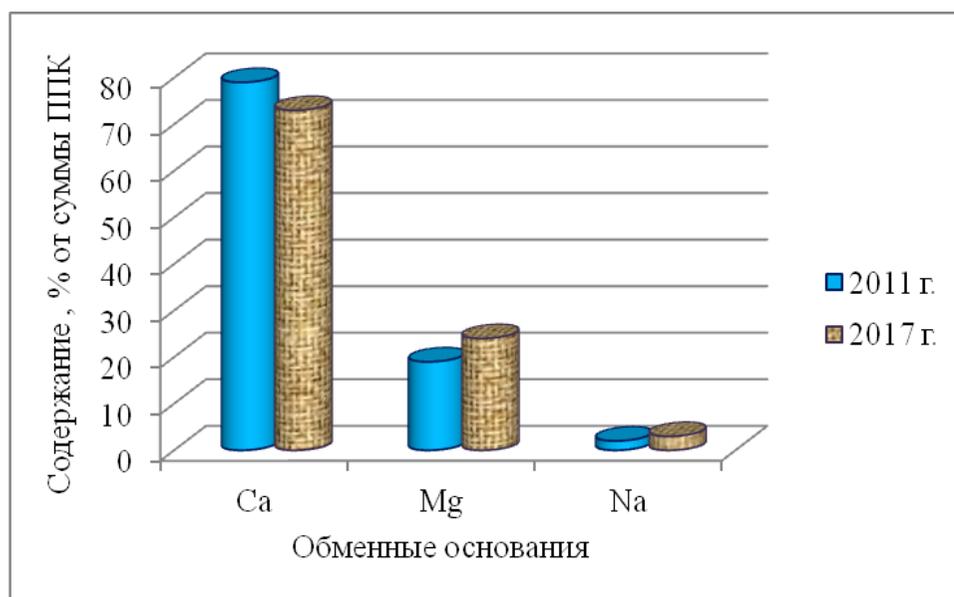


Рисунок 1 – Изменение содержания токсичных солей в почвах Райгородской оросительной системы после 6 лет орошения

6

а) бурые полупустынные почвы



б) солонец

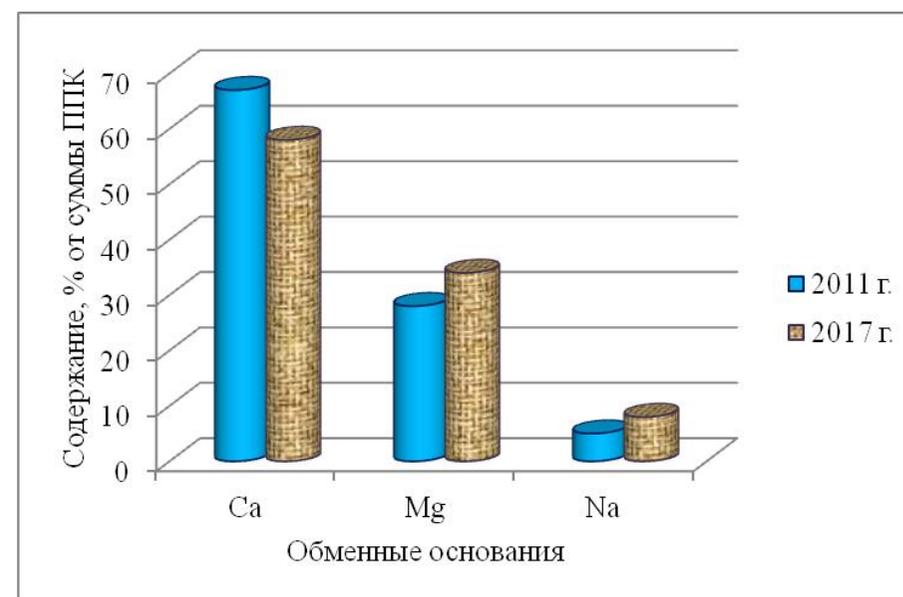


Рисунок 2 – Изменение состава почвенного поглощающего комплекса в слое 0–40 см почв комплексного покрова Райгородской оросительной системы

Таблица 3 – Изменение состава почвенного поглощающего комплекса в почвах комплексного покрова Райгородской оросительной системы под влиянием орошения

Слой, см	Кальций						Изменение, %	Магний						Изменение, %	Натрий						Изменение, %
	2011 г.			2017 г.				2011 г.			2017 г.				2011 г.			2017 г.			
	%	δ	V	%	δ	V		%	δ	V	%	δ	V		%	δ	V	%	δ	V	
Бурая полупустынная почва																					
0–20	81	2,03	3	77	1,85	2	–5	17	0,44	3	20	0,54	3	+18	2	0,05	3	3	0,07	2	+50
20–40	77	1,93	9	69	1,58	2	–10	21	0,53	3	28	0,86	3	+33	2	0,06	3	3	0,07	2	+50
40–60	72	1,87	3	69	1,45	2	–12	23	0,62	3	25	0,70	3	+8	5	0,19	4	6	0,23	4	+20
60–80	70	1,61	2	69	1,52	2	–2	24	0,67	3	24	0,67	3	0	6	0,24	4	7	0,27	4	+16
80–100	68	1,63	2	62	1,36	2	–9	32	0,93	3	30	0,96	3	–6	8	0,40	5	8	0,34	4	0
0–100	73	1,81	3	69	1,71	2	–5	23	0,64	3	25	0,74	3	+9	4	0,19	4	5	0,20	4	+25
Солонец																					
0–20	69	1,59	2	61	1,28	2	–12	27	0,62	2	33	1,5	4	+22	4	0,11	3	7	0,27	4	+75
20–40	65	1,50	2	56	0,95	2	–14	29	0,75	3	35	1,29	4	+20	6	0,20	3	9	0,53	5	+50
40–60	63	1,26	2	59	1,24	2	–7	28	0,78	3	30	0,93	3	+7	9	0,39	4	11	0,57	5	+22
60–80	63	1,44	2	59	1,27	2	–16	27	0,76	3	29	0,87	3	+7	10	0,41	4	12	0,69	6	+20
80–100	61	1,16	2	59	1,33	2	–13	27	0,81	3	28	0,89	3	+4	12	0,62	5	13	0,56	4	+8
0–100	64	1,53	2	59	1,21	2	–8	28	0,74	3	31	1,04	3	+11	8	0,35	4	10	0,52	5	+25

Таблица 4 – Изменение водно-физических свойств почв комплексного покрова под влиянием орошения (n = 5)

Слой, см	Структурное состояние						Изменение, %	Плотность сложения почв						Изменение, %	Водопроницаемость						Изменение, %
	2011 г.			2017 г.				2011 г.			2017 г.				2011 г.			2017 г.			
	%	δ	V	%	δ	V		т/м ³	δ	V	т/м ³	δ	V		мм/мин	δ	V	мм/мин	δ	V	
Бурая полупустынная почва																					
0–20	61	1,65	3	57	1,37	2	–7	1,26	0,03	2	1,32	0,03	2	+5	1,08	0,02	2	0,68	0,01	2	–33
20–40	55	1,26	2	53	1,35	3	–4	1,22	0,03	2	1,28	0,02	2	+5	–	–	–	–	–	–	–
0–40	58	1,45	3	55	1,36	2	–5	1,24	0,03	2	1,30	0,03	2	+5	–	–	–	–	–	–	–
Солонец																					
0–20	47	1,26	3	40	0,91	2	–16	1,35	0,03	2	1,42	0,03	2	+5	0,75	0,02	3	0,55	0,01	2	–27
20–40	43	1,00	2	36	0,65	2	–16	1,29	0,03	3	1,36	0,04	3	+5	–	–	–	–	–	–	–
0–40	45	1,13	2	38	0,78	2	–16	1,32	0,03	2	1,39	0,03	3	+5	–	–	–	–	–	–	–

Содержание агрегатов 0,25–10 мм при сухом просеивании в слое 0–40 см бурой полупустынной почвы составляло в среднем из пяти повторностей до орошения 58 %, что характеризовало структурное состояние этой почвы как удовлетворительное. В процессе 6 лет орошения оно практически не изменилось (55 %) и осталось в той же категории удовлетворительного состояния. На солонцах структурное состояние изначально было удовлетворительным (45 %), но ближе к неудовлетворительному. Орошение окончательно перевело их в неудовлетворительное состояние (38 %). При этом разница в содержании агрономически ценных агрегатов до орошения и после 6 лет орошения составила 16 %.

Поливы особенно сказались на водопрочности агрегатов, количество которых снизилось в слое 0–40 см обеих почв почти на 20 % (рисунок 3).

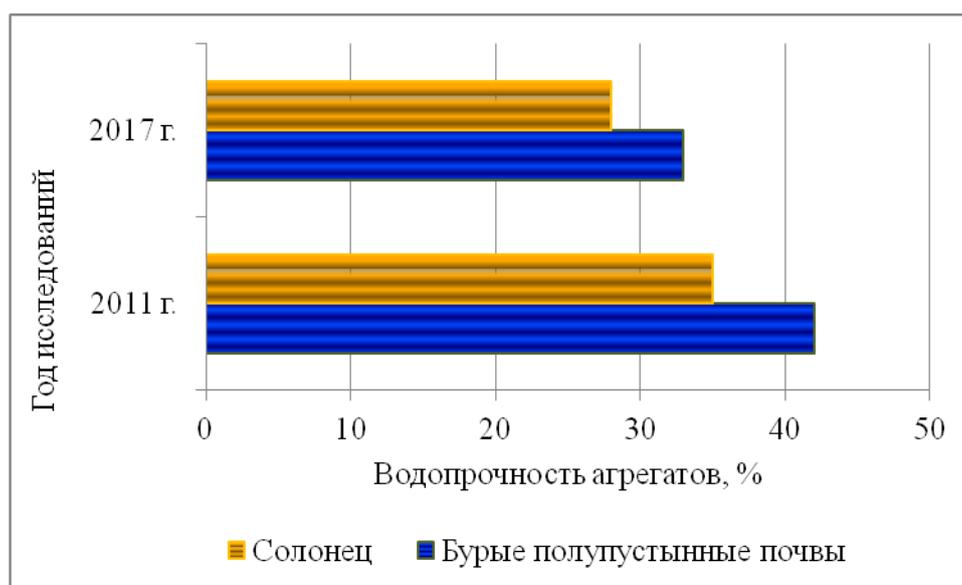


Рисунок 3 – Изменение содержания водопрочных агрегатов в слое 0–40 см почв комплексного покрова Райгородской оросительной системы

По показателю плотности сложения пашня обеих почв и до и после орошения считается сильно уплотненной. Но, как видно по результатам, представленным в таблице 4, после 6 лет она еще более уплотнилась и в слое солонца 0–20 см плотность сложения составила 1,42 т/м³. Это уже типичные значения для подпахотных горизонтов.

Ухудшение физических свойств почв при орошении сказалось на их водопроницаемости, которая на бурых почвах уменьшилась на 33 %, а на солонцах – на 27 %.

Орошение почв комплексного покрова, как видно из данных таблицы 5, не содействовало накоплению в них гумуса. В среднем содержание гумуса в слое 0–40 см бурых полупустынных почв на орошаемых полях сократилось на 10 %, а на солонцах – на 20 %. Видимо, это связано в первую очередь с увеличением количества обменного натрия в ППК. Содержание гумуса в относительных процентах, которое имеется на данный момент, по сравнению с его количеством до орошения составляет в бурых полупустынных почвах 90 %, в солонцах – 80 % и свидетельствует (по классификации Почвенного института) пока о развитии соответственно слабой и средней дегумификации [22].

Таблица 5 – Изменение содержания гумуса в почвах комплексного покрова при орошении

Слой, см	Общий гумус, %							$\frac{C_{ГК}}{C_{общ}} \cdot 100\%$			
	2011 г.			2017 г.			Изменение, %	2011 г.	Степень гумификации	2017 г.	Степень гумификации
	%	δ	V	%	δ	V					
Бурая полупустынная почва											
0–20	2,31	0,03	1	2,11	0,02	1	–9	24	средняя	19	слабая
20–40	2,13	0,02	1	1,89	0,01	1	–11	24	средняя	19	слабая
0–40	2,22	0,03	1	2,00	0,01	1	–10	24	средняя	19	слабая
Солонец											
0–20	2,12	0,02	1	1,63	0,01	1	–23	17	слабая	14	слабая
20–40	1,88	0,01	1	1,57	0,01	1	–16	17	слабая	14	слабая
0–40	2,00	0,02	1	1,60	0,01	1	–20	17	слабая	14	слабая

Исследования группового состава гумуса показали, что содержание гуминовых кислот ($C_{ГК}$) на неорошаемых участках в бурых почвах составляет 24 % от углерода общего ($C_{общ}$), на солонцах – 17 %. На орошаемых участках эти данные составляют соответственно 19 и 14 % (см. таблицу 5).

Расчет степени гумификации выявил, что на бурых неорошаемых

почвах она средняя, а при орошении – слабая. Видимо, это связано с проявлением негативных почвенных процессов как на богаре, так и на орошении и отсутствием условий для ее протекания, а именно: соответствующей температуры, влажности, а главное – наличием органических остатков.

Выявленные отрицательные изменения свойств почв комплексного покрова РОС при длительном орошении указывают в первую очередь на необходимость проведения химической мелиорации, устраняющей солонцеватость и уплотнение, а также разработки соответствующих мероприятий, способствующих накоплению гумуса.

Выводы. Поливы, проводимые регулярно пресной водой в течение 6 лет средневзвешенной оросительной нормой около 5400 м³/га, содействовали выщелачиванию водорастворимых солей в слое 0–40 см почвы комплексного покрова Райгородской оросительной системы. Уменьшение общего содержания солей в этом слое в бурых полупустынных почвах составило 13 %, в солонцах – 46 %, а в слое 40–60 см, наоборот, наблюдается их накопление в количестве соответственно 9 и 18 %.

Орошение в течение 6 лет устранило щелочность в солонцах и не способствовало ее образованию в бурых полупустынных почвах. В то же время поливы водой, имеющей II класс по степени опасности развития натриевой солонцеватости, увеличили в ППК содержание обменных натрия и магния в слое бурых почв 0–40 см соответственно на 50 и 26 %, а в солонцах на 60 и 21 % (в метровом слое соответственно на 25 и 9; 25 и 11 %).

После 6 лет орошения ухудшились и водно-физические свойства почв. Особенно это сказалось на водопрочности агрегатов, количество которых в слое обеих почв 0–40 см снизилось на 20 %, а почвы уплотнились. Как следствие, водопроницаемость с поверхности в бурых почвах уменьшилась на 33 %, а на солонцах – на 27 %.

Орошение почв комплексного покрова без проведения соответствующих агро-мелиоративных мероприятий не содействовало накоплению гу-

муса. Содержание гумуса в слое бурых почв 0–40 см сократилось на 10 %, на солонцах – на 20 % от исходного содержания. После 6 лет орошения его количество составило соответственно 90 и 80 %, что свидетельствует о наличии слабой и средней дегумификации.

Список использованных источников

1 Ковда, В. А. Проблемы использования и мелиорации степных земель / В. А. Ковда // Степные просторы. – 1980. – № 8. – С. 18–24.

2 Айдаров, И. П. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути его улучшения / И. П. Айдаров, А. И. Голованов // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 8. – С. 44–47.

3 Егоров, В. В. Кризисные явления при орошении / В. В. Егоров // Земледелие. – 1988. – № 1. – С. 30–32.

4 Приходько, В. Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность / В. Е. Приходько. – М.: Интеллект, 1996. – 180 с.

5 Скуратов, Н. С. Использование и охрана орошаемых черноземов / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – М., 2001. – 246 с.

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

7 Андреев, Г. И. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону: монография / Г. И. Андреев, Г. А. Козлечков, А. Г. Андреев. – Днепропетровск, 2007. – 262 с.

8 Вуколов, Н. Г. Трансформация почв при длительном орошении в условиях юга Западной Сибири / Н. Г. Вуколов, А. В. Шуравилин // Плодородие. – 2008. – № 6. – С. 34–35.

9 Несват, А. П. Влияние орошения на водно-физические свойства темно-каштановых почв / А. П. Несват // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Вып. 32-1, т. 4. – С. 57–58.

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

11 Щедрин, В. Н. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв / В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 1–21. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543>.

12 Herrero, J. Soil salinity changes over 24 years in a Mediterranean irrigated district / J. Herrero, O. Perez Covetta // Geoderma. – 2005. – № 125. – P. 287–308.

13 Suarez, D. Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system / D. Suarez, J. Wood, M. Lesh // Agricultural Water Management. – 2006. – № 86. – P. 150–164.

14 Бурые полупустынные почвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://raceschrono.ru/pochvovedenie/2944-burye-polupustynnye-pochvy.html>, 2019.

15 Дедова, Э. Б. Влияние мелиоративных приемов на агрогидрологические свойства бурых полупустынных почв Сарпинской низменности / Э. Б. Дедова, М. А. Сазанов, А. А. Душкина // Плодородие. – 2015. – № 3. – С. 33–36.

16 Почвенный покров Райгородской оросительной системы / Л. М. Докучаева,

Р. Е. Юркова, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 4(68). – С. 42–49.

17 Безднина, С. Я. Экологические основы водопользования / С. Я. Безднина. – М.: ВНИИА, 2005. – 224 с.

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

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

20 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. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 137 с.

21 Методические указания по проведению мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л. М. Державина. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.

22 Руководство по выявлению деградированных почв и земель России для целей государственного контроля за их охраной и рациональным использованием. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2000. – 133 с.

References

1 Kovda V.A., 1980. *Problemy ispol'zovaniya i melioratsii stepnykh zemel'* [Steppe lands use and reclamation problems]. *Stepnye prostory* [Steppe Spaces], no. 8, pp. 18-24. (In Russian).

2 Aidarov I.P., Golovanov A.I., 1986. *Meliorativnyy rezhim oroshaemykh zemel' i puti ego uluchsheniya* [Reclamation regime of irrigated lands and its improvement]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydrotechnics and Land Reclamation], no. 8, pp. 44-47. (In Russian).

3 Egorov V.V., 1988. *Krizisnye yavleniya pri oroshenii* [Crisis phenomena in irrigation]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 30-32. (In Russian).

4 Prikhod'ko V.E., 1996. *Oroshaemye stepnye pochvy: funktsionirovanie, ekologiya, produktivnost'* [Irrigated Steppe Soils: Functions, Ecology, Productivity]. Moscow, Intellect Publ., 180 p. (In Russian).

5 Skuratov N.S., Dokuchaeva L.M., Shalashova O.Yu., 2001. *Ispol'zovanie i okhrana oroshaemykh chernozemov* [Use and Protection of Irrigated Chernozems]. Moscow, 246 p. (In Russian).

6 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, Russian Agricultural Academy Publ., 253 p. (In Russian).

7 Andreev G.I., Kozlechko G.A., Andreev A.G., 2007. *Ekologicheskoe sostoyanie oroshaemykh pochv na Nizhnem Donu: monografiya* [Ecological State of Irrigated Soils in the Lower Don: monograph]. Dnepropetrovsk, 262 p. (In Russian).

8 Vukolov N.G., Shuravilin A.V., 2008. *Transformatsiya pochv pri dlitel'nom oroshenii v usloviyakh yuga Zapadnoy Sibiri* [Soil transformation during prolonged irrigation under the conditions of the south of Western Siberia]. *Plodorodie* [Fertility], no. 6, pp. 34-35. (In Russian).

9 Nesvat A.P., 2011. *Vliyanie orosheniya na vodno-fizicheskie svoystva temno-kashtanovykh pochv* [Influence of irrigation on the water-physical properties of dark chestnut soils]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], iss. 32-1, vol. 4, pp. 57-58. (In Russian).

10 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* [Bull. of the Lower Volga Agricultural University], no. 3(43), pp. 17-24. (In Russian).

11 Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. [Negative soil processes during regular irrigation of various soil types]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(30), pp. 1-21, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543>. (In Russian).

12 Herrero J., Perez Covetta O., 2005. Soil salinity changes over 24 years in a Mediterranean irrigated district. *Geoderma*, no. 125, pp. 287-308.

13 Suarez D., Wood J., Lesh M., 2006. Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system. *Agricultural Water Management*, no. 86, pp. 150-164.

14 *Burye polupustynnye pochvy* [Brown Semi-Desert Soils]. 2019, available: <http://racechrono.ru/pochvovedenie/2944-burye-polupustynnye-pochvy.html> [accessed 2019]. (In Russian).

15 Dedova E.B., Sazanov M.A., Dushkins A.A., 2015. *Vliyanie meliorativnykh priemov na agroidrologicheskie svoystva burykh polupustynnykh pochv Sarpinskoy nizmennosti* [The effect of reclamation practices on the agrohydrological properties of brown semi-desert soils in the Sarpinskaya lowland]. *Plodorodie* [Fertility], no. 3, pp. 33-36. (In Russian).

16 Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Balakai G.T., Babichev A.N., Monastyrsky V.A., 2017. *Pochvennyy pokrov Raygorodskoy orositel'noy sistemy* [The soil cover of the Raygorod irrigation system]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(68), pp. 42-49. (In Russian).

17 Bezdina S.Ya., 2005. *Ekologicheskie osnovy vodopol'zovaniya* [Ecological Basics of Water Use]. Moscow, VNIIA Publ., 224 p. (In Russian).

18 Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for Studying the Physical Properties of Soils]. Moscow, Agropromizdat Publ., 416 p. (In Russian).

19 Dospekhov B.A., 1985. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [The Methodology of Field Experience (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)]. 5th ed., rev. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p. (In Russian).

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

21 Derzhavin L.M., 2003. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Guidelines for the Comprehensive Monitoring of Soil Fertility of Agricultural Land]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 240 p. (In Russian).

22 *Rukovodstvo po vyyavleniyu degradirovannykh pochv i zemel' Rossii dlya tseley gosudarstvennogo kontrolya za ikh okhranoy i ratsional'nyim ispol'zovaniem* [Guidelines for the Identification of Degraded Soils and Lands in Russia for the Purpose of State Control over Their Protection and Rational Use]. Moscow, Soil Institute named after V.V. Dokuchaev, Russian Academy of Agricultural Sciences Publ., 2000, 133 p. (In Russian).

Бабичев Александр Николаевич

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Babichev Aleksandr Nikolayevich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novochoerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Докучаева Лидия Михайловна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Dokuchayeva Lidiya Mikhaylovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novochoerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Юркова Рита Евгеньевна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Yurkova Rita Yevgenyevna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novochoerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru