

В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова

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

СВОЙСТВА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПОСЛЕ РОТАЦИИ СЕВООБОРОТОВ С РАЗЛИЧНОЙ ВОДНОЙ НАГРУЗКОЙ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ОРОШЕНИИ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ

Цель: изучить влияние севооборотов с различной водной нагрузкой при циклическом орошении на плодородие почв на рисовых оросительных системах. **Материалы и методы.** Объект исследований – лугово-черноземные почвы Багаевского района Ростовской области, осваиваемые в пяти севооборотах с различной насыщенностью рисом от 60 до 25 % и, следовательно, разной водной нагрузкой. В качестве контроля взята залежь, которая не осваивается более 10 лет. Анализ и оценка результатов исследования образцов почв и воды проведены по общепринятым методикам. **Результаты и обсуждение.** Изученные свойства лугово-черноземных почв после ротации рисовых севооборотов с различной водной нагрузкой указывают на усиление проявления негативных процессов в вариантах с насыщением рисом более 50 %. Так, в варианте с годовой оросительной нормой 14000 кубических метров на гектар, обусловленной 65-процентной насыщенностью рисом шестипольного севооборота, уровни грунтовых вод располагались на глубине 135 см, общее содержание солей в слое 0–40 см по сравнению с контролем (залежь) увеличилось на 63 %, а в метровом слое – на 91 %. В почвенном поглощающем комплексе (ППК) этой почвы количество обменного натрия достигло 14 % при уменьшении содержания кальция до 55 % от суммы ППК. На контроле эти показатели соответственно составляли 4 и 71 % от суммы ППК. Почва сильно уплотнилась, утратила водопрочность и микроструктурность агрегатов. Снижение общего содержания гумуса по сравнению с контролем составило 43 %. **Выводы.** Для сохранения почвенного плодородия на рисовых оросительных системах следует внедрять севообороты с насыщенностью рисом менее 50 %, а периодичность поливов при циклическом орошении должна составлять два-три года.

Ключевые слова: свойства почв; севообороты; циклическое орошение; рисовые оросительные системы; плодородие.

V. N. Shchedrin, L. M. Dokuchayeva, R. Ye. Yurkova

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

PROPERTIES OF MEADOW-CHERNOZEM SOILS AFTER CROP ROTATION WITH VARIOUS WATER LOADS AT CYCLIC IRRIGATION OF RICE FIELDS

Purpose: to study the effect of crop rotations with different water loads during cyclic irrigation on soil fertility in rice irrigation systems. **Materials and methods.** The object of the research is the meadow-chernozem soils of Bagaevsky district Rostov region, which are developed in five crop rotations with different rice saturations from 60 to 25 % and, therefore, different water loads. A fallow that has not been developed for more than 10 years has been



taken as control. Analysis and evaluation of the results of the study of soil and water samples were carried out according to generally accepted methods. **Results and discussion.** The studied properties of meadow chernozem soils after rice crop rotations with different water loads indicate an increase in the negative processes in variants with rice saturation of more than 50 %. So, in the variant with an annual irrigation rate of 14000 cubic meters per hectare, due to 65 % rice saturation in a six-field crop rotation, the water tables were located at a depth of 135 cm, the total salt content in the layer 0–40 cm compared to the control (fallow) increased by 63 %, and in the meter deep layer by 91 %. In the soil absorption complex (SAC) of this soil, the amount of exchangeable sodium reached 14 % with a decrease in calcium content to 55 % of the amount of SAC. In the control these indicators amounted to 4 and 71 % of the SAC sum, respectively. The soil has become very compacted, has lost water resistance and microstructure of aggregates. The decrease in the total humus content compared to the control was 43 %. **Conclusions.** To preserve soil fertility in rice irrigation systems, crop rotations with rice saturation less than 50 % should be introduced, and the frequency of irrigation during cyclic irrigation should be two to three years.

Key words: soil properties; crop rotation; cyclic irrigation; rice irrigation systems; fertility.

Введение. Циклическое орошение – вид орошения земель, предусматривающий поочередное использование полей севооборота в орошаемом и неорошаемом режимах [1–3]. Ярким примером такого вида орошения являются рисовые севообороты, включающие чередование риса с другими сопутствующими культурами [4, 5]. На настоящий момент орошение таких культур в большей части не проводится, а возделываются они на запасах влаги, которые остаются после выращивания риса [6–9]. Именно при возделывании сопутствующих культур создаются условия для естественного почвообразования. Почва при соответствующих агрономелиоративных мероприятиях в этот период обогащается кислородом, анаэробные процессы сменяются на аэробные, в результате которых усиливаются гумификация и нитрификация – основные факторы почвенного плодородия¹. При эксплуатации рисовых систем, несмотря на цикличность орошения, продуктивность почв теряется. Это подтверждено многими исследованиями и связано с большой водной нагрузкой на почвы при возделывании риса [10, 11]. Только правильно составленные севообороты могут снизить эту

¹ Орлов, Д. С. Особенности органического вещества орошаемых почв / Д. С. Орлов, Е. М. Аниканова, В. А. Маркин // Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны. – М.: Наука, 1980. – С. 36–42.

нагрузку, что будет содействовать восстановлению и сохранению плодородия почв рисовых полей.

Цель исследования – изучить влияние севооборотов с различной водной нагрузкой при циклическом орошении на плодородие почв на рисовых оросительных системах.

Материалы и методы. Объектом исследований являлись лугово-черноземные почвы на рисовых участках ООО «Маньч-Агро» Багаевского района Ростовской области. Изменения свойств почв рассматривались в севооборотах с различной водной нагрузкой (таблица 1).

Таблица 1 – Чередование культур в рисовых севооборотах и оросительные нормы (ОН) риса

Показатель		№ севооборота					
		1	2	3	4	5	6
1-й год	Культура	Рис	Рис	Кукуруза на зерно	Люцерна на сено, 2-й год	Озимая тритикале	Залежь
	ОН, м ³ /га	21000	21000	0	0	0	0
2-й год	Культура	Рис	Рис	Подсолнечник	Рис	Ячмень	Залежь
	ОН, м ³ /га	21000	21000	0	21000	0	0
3-й год	Культура	Люцерна под покров ячменя	Люцерна под покров ячменя	Однолетние травы	Рис	Рис	Залежь
	ОН, м ³ /га	0	0	0	21000	21000	0
4-й год	Культура	Люцерна	Люцерна 2-й год	Рис	Пар с сидерацией	Однолетние травы	Залежь
	ОН, м ³ /га	0	0	21000	0	0	0
5-й год	Культура	Рис	Рис	Рис	Рис	–	Залежь
	ОН, м ³ /га	21000	21000	21000	21000	–	0
6-й год	Культура	Пар с сидерацией	Рис	–	–	–	Залежь
	ОН, м ³ /га	0	21000	–	–	–	0
% риса в севообороте		50	65	40	60	25	0
Среднегодовая ОН, м ³ /га		10500	14000	8400	12600	5250	0

В первом (шестипольном) севообороте процент возделывания риса составлял 50, а общая водная нагрузка за шесть лет – 63000 м³/га. Во втором

(шестипольном) севообороте эти величины соответственно равнялись 65 % и 84000 м³/га, в третьем (пятипольном) севообороте – 40 % и 42000 м³/га за пять лет, в четвертом (пятипольном) севообороте – 60 % и 63000 м³/га за пять лет, в пятом (четырепольном) севообороте соответственно 25 % и 21000 м³/га за четыре года.

В качестве контроля нами взята залежь, которая не осваивается более 10 лет. После ротации севооборотов осенью отобраны образцы почв по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см и т. д. до грунтовых вод в пятикратной повторности для определения водно-физических, физико-химических свойств почв и содержания гумуса.

На участках с близким залеганием грунтовых вод и на насосной станции отбирались образцы воды на анализ солевого состава. В образцах почв определялись:

- состав водной вытяжки^{2, 3, 4, 5, 6};
- состав обменных оснований или почвенного поглощающего комплекса (ППК): Са и Mg⁷, Na⁸;

² 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.

³ 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.

⁴ 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.

⁵ 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.

⁶ 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.

⁷ 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.

⁸ ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

- органическое вещество⁹;
- гранулометрический состав методом пипетки по Н. А. Качинскому, структурное состояние и водопрочность агрегатов методом Н. И. Саввинова¹⁰;
- щелочность, рассчитанная по Б. А. Зимовцу¹¹.

В полевых условиях по всем севооборотам и на залежи определялась в шурфах плотность сложения почвы методом режущего кольца по Качинскому¹⁰ в трехкратной повторности.

Оценка результатов анализа образцов почв и воды проведена по общепринятым методикам, изложенным в «Руководстве по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель» [12].

Результаты и обсуждения. Одним из важнейших элементов воздействия на почвы является оросительная вода. Оценка ее качества представлена в таблице 2.

Несмотря на то, что за вегетационный период минерализация поливной воды составляет 0,81 г/дм³, а максимальная ее величина в июне равнялась 0,92 г/дм³, качество воды не вполне удовлетворительное. По минерализации она относится к II классу, по содержанию хлора (Cl) в среднем к II классу, а в июне – к IV классу, что указывает на опасность хлоридного засоления при непромывном режиме. Кроме этого, расчет отношения количества кальция (Ca²⁺) к количеству натрия (Na⁺) свидетельствует о возможности возникновения натриевой солонцеватости (III и IV классы). Особенно ухудшается качество оросительной воды по этому показателю в летний период, когда оно соответствует IV классу. Вероятность появления магниевой солонцеватости низкая.

⁹ ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 1993-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

¹⁰ Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

¹¹ Зимовец, Б. А. Изменение щелочности почв при орошении в Нижнем Заволжье / Б. А. Зимовец // Бюл. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1975. – Вып. 9. – С. 28–56.

Таблица 2 – Оценка качества оросительной воды

Срок отбора	Минерализация воды для орошения почв с тяжелым гранулометрическим составом		Оценка воды по степени опасности развития процесса							
			хлоридного засоления		натриевого осолонцевания		магниевого осолонцевания		содообразования	
	г/дм ³	класс	Cl ⁻	класс	Ca ²⁺ /Na ⁺	класс	Mg ²⁺ /(Mg ²⁺ + Ca ²⁺)	класс	$(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - \text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$	класс
Май	0,77	II	1,6	I	0,86	III	0,46	I	Ca > HCO ₃ ⁻	I
Июнь	0,92	II	3,2	IV	0,46	IV	0,50	II	1,20	II
Август	0,75	II	2,4	II	0,93	III	0,48	I	Ca > HCO ₃ ⁻	I
Средняя	0,81	II	2,4	II	0,75	III	0,48	I	0,4	I

Примечание – Концентрация ионов выражена в ммоль(экв)/дм³.

Подщелачивание оросительной воды наблюдается в летний период, но в целом опасность содообразования при поливах такой водой отсутствует.

Изменение свойств почв во многом определяется также уровнем залегания грунтовых вод (УГВ), их минерализацией и составом, которые зависят от среднегодовой ОН, полученной делением общей водной нагрузки за ротацию севооборота на количество лет его освоения (таблица 3).

Таблица 3 – Уровень грунтовых вод после ротации севооборотов с различной среднегодовой водной нагрузкой при циклическом орошении рисовых полей (осень 2018 г.) ($n = 5$)

№ севооборота	Севооборот и среднегодовая ОН	Глубина, м	Минерализация, г/дм ³	Химический состав
1	Шестипольный, ОН = 10500 м ³ /га	1,60 ± 20	6,1 ± 0,6	SO ₄ -Na
2	Шестипольный, ОН = 14000 м ³ /га	1,35 ± 15	5,8 ± 0,4	SO ₄ -Na
3	Пятипольный, ОН = 8400 м ³ /га	2,10 ± 25	6,7 ± 0,5	SO ₄ -Na
4	Пятипольный, ОН = 12600 м ³ /га	1,45 ± 18	6,9 ± 0,4	SO ₄ -Na
5	Четырехпольный, ОН = 5250 м ³ /га	2,80 ± 22	7,1 ± 0,3	SO ₄ -Na
6	Залежь, ОН = 0 м ³ /га	3,25 ± 18	7,6 ± 0,2	SO ₄ -Na

На изучаемых участках после ротации севооборотов УГВ был различным и составлял 1,35 м в шестипольном севообороте с водной нагрузкой 84000 м³/га и 3,25 м на залежи (см. таблицы 1, 3). Его подъем определялся подаваемым объемом оросительной воды. На рисунке 1 видна четкая зависимость УГВ от среднегодовой ОН.

Минерализация грунтовых вод по севооборотам практически была одинаковой, и по химическому составу она однородна – сульфатно-натриевого состава (SO₄-Na). При этом отмечалось, что чем ближе вода располагалась к поверхности, тем менее минерализованной она становилась.

С приближением минерализованных вод к поверхности увеличивалось содержание водорастворимых солей как в слое 0–40 см, так и в слое 40–100 см. Так, при самом близком залегании УГВ – 1,35 м, которое обеспечила средневзвешенная нагрузка 14000 м³/га, общее содержание солей по сравнению с залежью увеличилось на 63 %, а при самой маленькой вод-

ной нагрузке 5250 м³/га УГВ залежали на глубине 2,8 м и содержание солей возросло только на 16 %. Аналогичная закономерность прослеживается в слоях 40–100 см (таблица 4) и в целом в слое 0–100 см (рисунок 2).

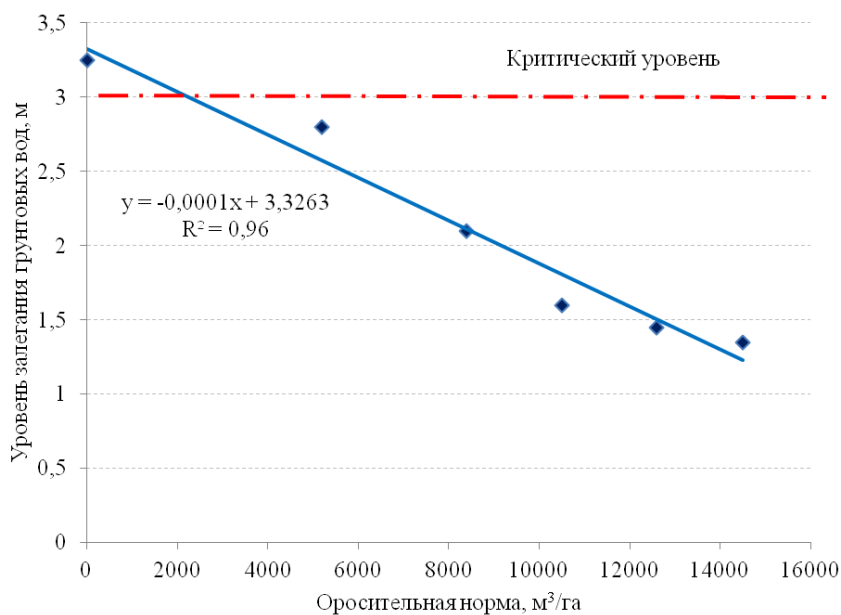


Рисунок 1 – Зависимость уровня грунтовых вод от среднегодовой оросительной нормы на рисовое поле

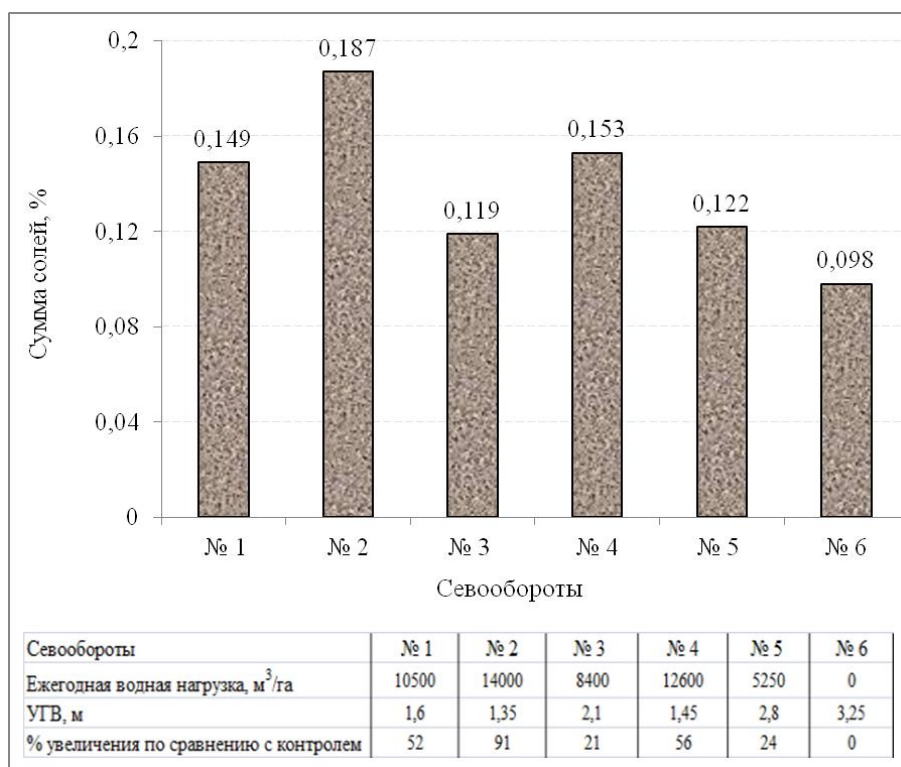


Рисунок 2 – Содержание солей в слое 0–100 см в зависимости от водных нагрузок и уровень грунтовых вод в различных севооборотах при циклическом орошении

Таблица 4 – Физико-химические свойства почв после ротации рисовых севооборотов с различной водной нагрузкой при циклическом орошении

Слой, см	Сумма солей, %	Токсичные соли, %	Щелочность, ммоль(экв)/100 г		Σ ППК, ммоль(экв)/100 г	% от Σ ППК		
			pH	$\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
1 Шестипольный севооборот, риса в севообороте – 50 %, среднегодовая ОН – 10500 м ³ /га								
0–40	0,122 ± 0,012	0,085	8,3	0,78	26,04 ± 0,49	55	33	12
40–100	0,167 ± 0,017	0,093	8,5	0,60	23,92 ± 0,37	58	31	11
2 Шестипольный севооборот, риса в севообороте – 65 %, среднегодовая ОН – 14000 м ³ /га								
0–40	0,155 ± 0,013	0,098	8,4	0,75	24,97 ± 0,43	52	34	14
40–100	0,209 ± 0,015	0,108	8,6	0,69	25,31 ± 0,39	54	33	13
3 Пятипольный севооборот, риса в севообороте – 40 %, среднегодовая ОН – 8400 м ³ /га								
0–40	0,116 ± 0,010	0,069	7,6	0,40	25,59 ± 0,30	60	35	5
40–100	0,122 ± 0,011	0,075	7,8	0,51	24,87 ± 0,32	63	29	8
4 Пятипольный севооборот, риса в севообороте – 60 %, среднегодовая ОН – 12600 м ³ /га								
0–40	0,130 ± 0,012	0,075	8,2	0,72	24,37 ± 0,38	59	32	9
40–100	0,169 ± 0,014	0,089	8,1	0,70	24,02 ± 0,34	60	32	8
5 Четырехпольный севооборот, риса в севообороте – 25 %, среднегодовая ОН – 5250 м ³ /га								
0–40	0,110 ± 0,012	0,074	7,8	0,38	27,54 ± 0,38	62	34	4
40–100	0,128 ± 0,013	0,090	7,9	0,47	26,67 ± 0,42	65	29	6
Залежь (контроль), риса в севообороте – 0 %, ОН – 0 м ³ /га								
0–40	0,095 ± 0,010	0,047	7,7	нешелочные	29,87 ± 0,33	75	23	2
40–100	0,100 ± 0,011	0,061	7,8	нешелочные	27,12 ± 0,28	69	26	5

Как видно из данных рисунка 2, самое большое накопление солей в метровом слое произошло во втором, шестипольном, севообороте со среднегодовой водной нагрузкой 14000 м³/га и УГВ 1,35 м. В почве при соблюдении этого севооборота содержится большее количество токсичных солей, а щелочность находится в пределах слабощелочной категории с pH 8,5 ед.

Севообороты с меньшими водными нагрузками (№ 3 и 5) не способствуют засолению и ощелачиванию верхнего слоя 0–40 см и в целом метрового слоя.

При интенсивном использовании земель под рис из ППК выщелачивается кальций (Ca), в результате чего не только уменьшается сумма по-

глощенных оснований, но и происходит перестройка ППК в сторону накопления магния (Mg) и натрия (Na) (см. таблицу 4, рисунок 3).

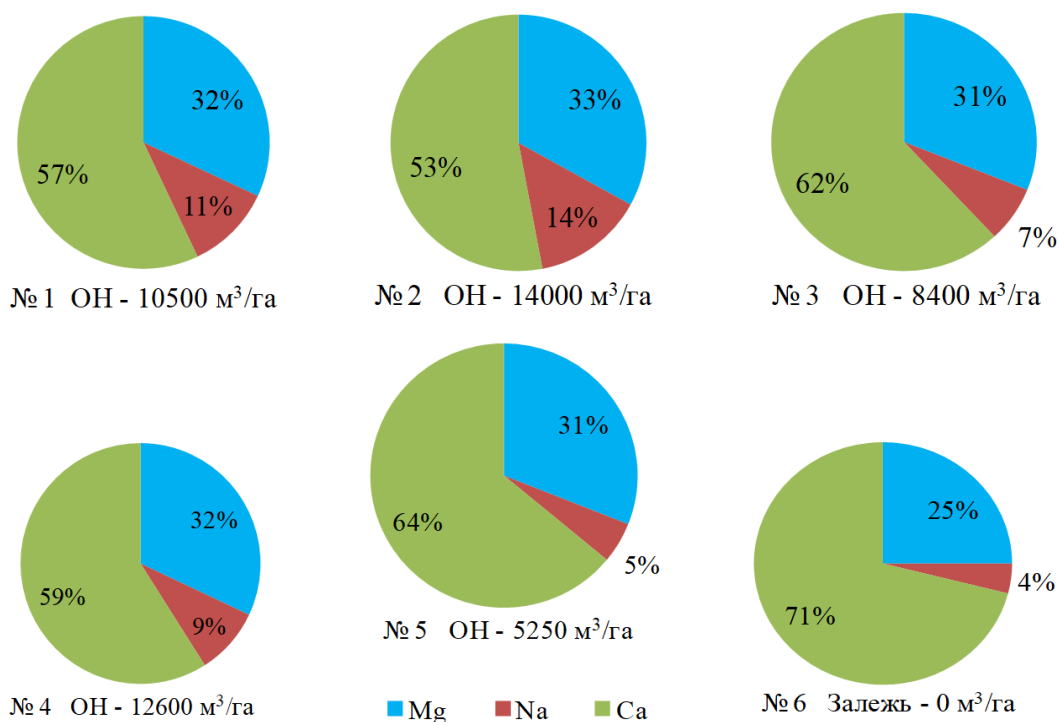


Рисунок 3 – Состав ППК в лугово-черноземных почвах после ротации рисовых севооборотов с различной ежегодной водной нагрузкой при циклическом орошении (слой 0–100 см)

На залежи (контроле) состав ППК слоя 0–40 см представлен 75 % Ca, 23 % Mg и 2 % Na, т. е. эти данные практически соответствуют почвам зонального ряда этого региона, а именно черноземам южным.

В метровом слое почв на контроле содержание обменных оснований составило соответственно 71, 25 и 4 %. А в вариантах после ротации севооборотов состав ППК в метровом слое определялся объемом водной нагрузки при циклическом орошении на рисовых севооборотах.

Содержание обменного кальция в метровом слое при соблюдении севооборотов с ежегодными нагрузками от 10500 до 14000 м³/га (№ 1, 2, 4) не превышало 60 % от Σ ППК, а количество обменного натрия составляло от 9 до 14 %. В связи с тем, что обменный Mg, количество которого превышает 25 % от Σ ППК, так же как и натрий, отрицательно влияет на свойства почв и развитие сельскохозяйственных культур, следует особое вни-

мание уделять распределению водных нагрузок при циклическом орошении на рисовых полях.

При этом не только ухудшаются физико-химические свойства почв, но и разрушается их структура, они уплотняются как за счет механического воздействия, так и (в основном) из-за химических процессов, провоцирующих диспергацию почвенной массы (таблица 5).

Таблица 5 – Физические свойства почв после ротации рисовых севооборотов с различной водной нагрузкой при циклическом орошении

№ севооборота	Слой, см	Физическая глина		Коэффициент дисперсности Кд	Плотность сложения почвы	
		%	оценка		т/м ³	оценка
№ 1 ОН = 10500 м ³ /га Пар с сидерацией	0–20	45	Сср	47	1,28	
	20–40	49	Ст	49	1,30	
	0–40	47	Ст	48	1,29	Уплотнена
№ 2 ОН = 14000 м ³ /га Рис	0–20	46	Ст	49	1,35	
	20–40	46	Ст	51	1,42	
	0–40	46	Ст	50	1,39	Сильно уплотнена
№ 3 ОН = 8400 м ³ /га Рис	0–20	45	Сср	41	1,30	
	20–40	49	Ст	38	1,36	
	0–40	47	Ст	39	1,33	Сильно уплотнена
№ 4 ОН = 12600 м ³ /га Рис	0–20	48	Ст	45	1,33	
	20–40	55	Ст	43	1,44	
	0–40	53	Ст	44	1,38	Сильно уплотнена
№ 5 ОН = 5250 м ³ /га Однолетние травы*	0–20	44	Сср	37	1,23	
	20–40	49	Ст	39	1,25	
	0–40	46	Ст	38	1,24	Уплотнена
№ 6 ОН = 0 м ³ /га Степная растительность	0–20	45	Сср	18	1,11	
	20–40	43	Сср	17	1,21	
	0–40	44	Сср	18	1,16	Слабо уплотнена

* – культура, возделываемая в последний год ротации рисового севооборота при циклическом орошении.

Почвы, на которых располагались изучаемые севообороты, по гранулометрическому составу относятся к тяжелым (Ст) и средним (Сср) суглинкам. Коэффициент дисперсности, рассчитанный по данным анализов гранулометрического и микроагрегатного составов, указывает на неудовлетворительную микроструктуренность частиц почвы в севооборотах при повы-

шенной водной нагрузке от 10500 до 14000 м³/га (№ 1, 2, 4), на удовлетворительную – с меньшей водной нагрузкой от 8400 до 5250 м³/га (№ 3, 5) и на хорошую – на залежи, где наблюдаются естественные процессы почвообразования. Это подтверждают результаты определения структурного состояния почв при сухом просеивании и водопрочности агрегатов. Хорошее состояние по этим показателям прослеживается только на залежи (рисунок 4).



Рисунок 4 – Структурное состояние и водопрочность агрегатов после ротации севооборотов с различной водной нагрузкой при циклическом орошении

В севооборотах с высокими водными нагрузками, несмотря на цикличность орошения почвы, особенно после риса, сильно уплотняются почвы. Плотность сложения почв в слое 0–40 см после ротации севооборотов составила 1,39 т/м³ при среднегодовой ОН 14000 м³/га, 1,38 т/м³ – при норме 12600 м³/га и 1,33 т/м³ – при норме 8400 м³/га. Все эти показатели по классификации Качинского характеризуют почву как сильно уплотненную.

В севообороте № 1, где среднегодовая ОН составила 10500 м³/га, но в последний год возделывались сидераты, плотность сложения снизилась до 1,29 т/м³ в слое 0–40 см и почва стала относиться к категории

уплотненной. К этой же категории относятся почвы севооборота № 5, где ежегодная водная нагрузка составила всего 5250 м³/га и при этом в последний год ротации севооборота выращивались однолетние травы. В меньшей степени уплотнены почвы на залежи, где в течение 10 лет их в таком состоянии сорняки были вытеснены степной растительностью. На этом участке плотность сложения почв в слое 0–40 см составила 1,16 т/м³, что соответствовало слабой уплотненности.

Интегральным показателем влияния различных севооборотов на плодородие почв является общее содержание гумуса. Для развития процессов гумификации требуется в первую очередь наличие аэробных условий. Создание таких условий на рисовых системах возможно только при чередовании риса с богарными культурами, паром или мелиоративным полем.

Результаты определения количества гумуса при соблюдении различных севооборотов показали, что, несмотря на цикличность орошения, накопление его не наблюдалось ни в одном из вариантов. Однако замечена закономерность, а именно: в тех севооборотах, где ухудшались физические и физико-химические свойства почв в связи с увеличением водной нагрузки, уменьшалось общее содержание гумуса. За ротацию севооборота по сравнению с контролем (залежью) оно снизилось на 43 % при соблюдении севооборота с самой высокой годовой водной нагрузкой 14000 м³/га, а при нагрузке 5250 м³/га – всего на 24 % (таблица 6). В то время как на залежи, где имеются все условия для протекания гумификации, его количество составило 3,86 %, что характерно для зональных почв этого региона.

Таблица 6 – Общее содержание гумуса в слое 0–40 см

№ севооборота	Севооборот – чередование культур	Водная нагрузка за ротацию севооборота, м ³ /га	Гумус, %	Накопление	
				% абс.	% отн.
1	2	3	4	5	6
1	Рис, рис, люцерна под покров ячменя, люцерна, рис, пар	63000	2,48	-1,38	-36
2	Рис, рис, люцерна под покров ячменя, люцерна, рис, рис	84000	2,20	-1,66	-43

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
3	Кукуруза на зерно, подсолнечник, однолетние травы, рис, рис	42000	2,67	-1,19	-31
4	Люцерна на сено, рис, рис, пар, рис	63000	2,54	-1,32	-34
5	Озимая тритикале, ячмень, рис, однолетние травы	21000	2,93	-0,93	-24
6	Залежь (контроль)	0	3,86	–	–

Выводы

1 Рисовые севообороты на настоящий момент являются примером циклического орошения, так как в них прослеживается два режима освоения земель – орошаемый режим, включающий возделывание риса со значительными оросительными нормами, и неорошаемый, когда выращиваются сопутствующие культуры на запасах влаги, остающихся после риса. Несмотря на цикличность орошения, продуктивность рисовых почв падает, что связано с несоблюдением севооборотов, способствующих сохранению почвенного плодородия.

2 Изученные нами свойства лугово-черноземных почв после ротации рисовых севооборотов с различной водной нагрузкой указывают на усиление проявления негативных процессов в вариантах с насыщением рисом более 50 %. Так, в варианте с годовой оросительной нормой 14000 м³/га, обусловленной 65-процентной насыщенностью рисом шестипольного севооборота, УГВ располагались на глубине 135 см, общее содержание солей в слое 0–40 см по сравнению с контролем (залежью) увеличилось на 63 %, а в метровом слое – на 91 %. В ППК этой почвы количество обменного натрия достигло 14 % при уменьшении содержания кальция до 55 % от Σ ППК. На контроле эти показатели соответственно составляли 4 и 71 % от Σ ППК. Почва сильно уплотнилась, она утратила водопрочность и микроструктурность агрегатов. Снижение общего содержания гумуса по сравнению с контролем составило 43 %.

3 В наименьшей степени подвержены негативным процессам почвы

севооборотов, в которых насыщенность рисом находится на уровне 25–40 %, а периодичность поливов при циклическом орошении составляет три года, т. е. через три года на участок возвращается рис. Это, например, пятипольный севооборот со следующим чередованием культур: кукуруза на зерно, подсолнечник, однолетние травы, рис, рис, или четырехпольный – озимая тритикале, ячмень, рис, однолетние травы.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Циклическое орошение – новое в стратегии оросительных мелиораций / В. Н. Щедрин // Вопросы мелиорации. – 2008. – № 3–4. – С. 7–20.

2 Щедрин, В. Н. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с.

3 Васильев, С. М. Циклическое орошение и технические средства для его осуществления / С. М. Васильев, А. В. Акопян, Т. П. Андреева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 34–36.

4 Свистунов, Ю. А. Системы циклического орошения в рисоводстве / Ю. А. Свистунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам 71-й Науч.-практ. конф. преподавателей по итогам НИР за 2015 год. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – С. 162–163.

5 Crop yields, internal nutrient efficiency, and changes in soil properties in rice–wheat rotations under non-flooded mulching cultivation / M. Fan, X. Liu, R. Jiang, F. Zhang, S. Lu, X. Zeng, P. Christie // Plant and Soil. – 2005. – № 1/2. – P. 265–276.

6 Бородычев, В. В. Водный режим горчицы сарептской в рисовых чеках / В. В. Бородычев, С. Б. Адьяев, А. В. Левина // Плодородие. – 2011. – № 1. – С. 11–13.

7 Дубенок, Н. Н. Возделывание гречихи в рисовых чеках / Н. Н. Дубенок, Т. В. Никифорова, М. О. Колобова // Плодородие. – 2012. – № 3. – С. 36–39.

8 Репенко, Т. В. Технология возделывания подсолнечника как сопутствующей культуры в рисовом севообороте Республики Калмыкии / Т. В. Репенко, Е. М. Душкина, А. А. Душкина // Наука и современность. – 2014. – № 28. – С. 139–142.

9 Ракитина, Н. В. Сахарное сорго – перспективная культура рисового севооборота [Электронный ресурс] / Н. В. Ракитина, В. В. Бородычев, С. Б. Адьяев. – Режим доступа: http://vuzirossii.ru/publ/sakharnoe_sorgo_perspektiv-naja_kultura_risovogo_sevooborota/39-1-0-3623, 2020.

10 Продуктивность рисовых почв и причины снижения их плодородия / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, М. С. Миронченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 17–22.

11 Продуктивность почв рисовых агроландшафтов в зависимости от их мелиоративного состояния / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, В. В. Аношенков, Е. П. Максименко, В. П. Кашиц // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 134. – С. 1083–1095. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/88.pdf>.

12 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 Schedrin V.N., 2008. *Tsiklichesкое орошение – новое в стратегии оросител'ных мелиораций* [New strategy of irrigation reclamation – cyclic irrigation]. *Voprosy melioratsii* [Issues of Land Reclamation], no. 3-4, pp. 7-20. (In Russian).
- 2 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., 2011. *Teoriya i praktika al'ternativnykh vidov osheniya chernozemov yuga Evropeyskoy territorii Rossii: monografiya* [Theory and Practice of Alternative Types of Irrigation of Chernozems in the South of the European Territory of Russia: monograph]. Novocherkassk, Lick Publ., 435 p. (In Russian).
- 3 Vasiliev S.M., Akopyan A.V., Andreeva T.P., 2011. *Tsiklichesкое орошение i tekhnicheskie sredstva dlya ego osushchestvleniya* [Cyclic irrigation and technical means for its implementation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Melioration and Water Management], no. 1, pp. 34-36. (In Russian).
- 4 Svistunov Yu.A., 2016. *Sistemy tsiklichesкого орошения v risovodstve* [Cyclic irrigation systems in rice farming]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sb. st. po materialam 71 Nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley po itogam NIR za 2015 god* [Scientific support for the agro-industrial complex: collection of scientific articles on the materials of the 71st Scientific Practical Conference of Teachers according to the results of research for 2015]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University Publ., pp. 162-163. (In Russian).
- 5 Fan M., Liu X., Jiang R., Zhang F., Lu S., Zeng X., Christie P., 2005. Crop yields, internal nutrient efficiency, and changes in soil properties in rice – wheat rotations under non-flooded mulching cultivation. *Plant and Soil*, no. 1/2, pp. 265-276.
- 6 Borodychev V.V., Ad'yaev S.B., Levina A.V., 2011. *Vodnyy rezhim gorchitsy sareptskey v risovykh chekakh* [Water regime of saperda mustard (*Brassica japonica*) in rice checks]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1, pp. 11-13. (In Russian).
- 7 Dubenok N.N., Nikiforova T.V., Kolobova M.O., 2012. *Vozdelyvanie grechikhi v risovykh chekakh* [Buckwheat cultivation on rice checks]. *Plodorodie* [Fertility], no. 3, pp. 36-39. (In Russian).
- 8 Repenko T.V., Dushkina E.M., Dushkina A.A., 2014. *Tekhnologiya vzdelyvaniya podsolnechnika kak sopushtvuyushchey kul'tury v risovom sevooborote Respubliki Kalmykii* [Technology of sunflower cultivation as an interplanted crop in rice crop rotation of the Republic of Kalmykia]. *Nauka i sovremennost'* [Science and Modernity], no. 28, pp. 139-142. (In Russian).
- 9 Rakitina N.V., Borodychev V.V., Ad'yaev S.B., 2020. *Sakharnoe sorgo – perspektivnaya kul'tura risovogo sevooborota* [Sugar Sorghum (*Sorghum saccharatum*) – a Promising Rice Crop Rotation Crop], available: http://vuzirossii.ru/publ/sakharnoe_sorgo_perspektivnaja_kultura_risovogo_sevooborota/39-1-0-3623 [accessed 2020]. (In Russian).
- 10 Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Mironchenko M.S., 2015. *Produktivnost' risovykh pochv i prichiny snizheniya ikh plodorodiya* [The productivity of rice soils and the reasons for the decline in their fertility]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(57), pp. 17-22. (In Russian).
- 11 Sheudzhen A.Kh., Gutorova O.A., Anoshenkov V.V., Maximenko E.P., Kashits V.P., 2017. [Soil productivity of rice agrolandscapes depending on their meliorative state]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskii setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 134, pp. 1083-1095, available: <http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/88.pdf>. (In Russian).
- 12 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 oroshaemykh zemel* [Guidance on the Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM Publ., 137 p. (In Russian).

Щедрин Вячеслав Николаевич

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: академик РАН, профессор

Должность: главный 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

Shchedrin Vyacheslav Nikolayevich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor

Position: Chief Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: rosniipm@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, Novocherkassk, 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, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru