

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.582:631.412:631.445.4:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-150-164

Роль севооборотов в поддержании агрофизических свойств черноземов, орошаемых слабоминерализованной водой

Ольга Юрьевна Шалашова, Елена Владимировна Пятницына,
Иван Петрович Рубцов

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,
Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Ольга Юрьевна Шалашова, Protgts@rambler.ru

Аннотация. Цель: установить влияние зерно-кормового и овощного севооборотов на агрофизические свойства черноземов, орошаемых слабоминерализованной водой, в сравнении с неорошаемым аналогом. **Материалы и методы.** Исследования проводились в Неклиновском районе Ростовской области на черноземах обыкновенных в зерно-кормовых севооборотах неорошаемом (без поливов) и орошаемом с ежегодными оросительными нормами 1500–2500 куб. м/га и в овощном севообороте с ежегодными оросительными нормами 3000–4000 куб. м/га. Источник орошения – Миусский лиман со слабоминерализованной водой. Образцы почв отбирались осенью после ротации севооборотов, в них определялись гранулометрический состав, водопрочность агрегатов, гумус. В шурфах – плотность сложения почв. Отбор образцов почв, их анализ и оценка проведены по общепринятым методикам. **Результаты.** Наиболее наглядно проявилось ухудшение водно-физических свойств при длительном орошении слабоминерализованной водой на участке с овощными севооборотами, где оросительные нормы составляли более 3500 куб. м/га. Пашня такого чернозема сильно уплотнена (1,41 т/куб. м), глубже 40 см плотность сложения уже составляет 1,45–1,47 т/куб. м. По гранулометрическому составу почвы верхних слоев из-за вымывания глинистых частиц приобрели свойства среднесуглинистых почв. Практически по профилю почвы отсутствуют водопрочные агрегаты (около 10 %). Пористость почв ухудшилась до значений чрезмерно низких. **Выводы.** Исследования показали, что чем выше водные нагрузки в севооборотах, тем сильнее прогрессируют негативные агрофизические свойства черноземов, особенно при поливах слабоминерализованными водами.

Ключевые слова: чернозем, орошение, севообороты, мелиорация, свойства

Для цитирования: Шалашова О. Ю., Пятницына Е. В., Рубцов И. П. Роль севооборотов в поддержании агрофизических свойств черноземов, орошаемых слабоминерализованной водой // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 150–164. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-150-164>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

The role of crop rotation in maintaining agrophysical properties of chernozem irrigated with low-mineralized water

Olga Yu. Shalashova, Elena V. Pjatnicyna, Ivan P. Rubtsov

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

Corresponding author: Olga Yu. Shalashova, Protgts@rambler.ru

Abstract. Purpose: to determine effects of grain-fodder and vegetable crop rotation on the agrophysical properties of chernozems irrigated with low-mineralized water, in comparison with the non-irrigated counterpart. **Materials and methods.** The studies were carried out in Neklinovsky district Rostov region on ordinary chernozems in grain-fodder crop rotations, non-irrigated (without irrigation) and irrigated with annual irrigation rates of 1500–2500 cubic m/ha and in vegetable crop rotation with annual irrigation rates of 3000–4000 cubic m/ha. The source of irrigation is the Miussky estuary with low-mineralized water. Soil samples were taken in autumn after crop rotations, their granulometric texture, aggregate water stability and humus were determined. In profile pits – the soil bulk density. The selection of soil samples, their analysis and evaluation were carried out according to generally accepted methods. **Results.** The deterioration of water-physical properties was most clearly manifested during long-term irrigation with low-mineralized water on a plot with vegetable crop rotations, where irrigation rates were more than 3500 cubic m/ha. The arable land of such chernozem is highly compacted (1.41 t/cubic m), the bulk density 40 cm deeper is 1.45–1.47 t/cubic m. By granulometric texture, the upper soil layers acquired the properties of medium loamy soils due to the leaching of clay particles. There are practically no water-stable aggregates along the soil profile (about 10 %). Soil porosity deteriorated to excessively low values. **Conclusions.** Studies have shown that the higher the water load in crop rotations, the more the negative agrophysical properties of chernozems progress, especially when irrigated with low-mineralized waters.

Keywords: chernozem, irrigation, crop rotations, land reclamation, properties

For citation: Shalashova O. Yu., Pjatnicyna E. V., Rubtsov I. P. The role of crop rotation in maintaining agrophysical properties of chernozem irrigated with low-mineralized water. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(1):150–164. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-150-164>.

Введение. В интенсивном, особенно в орошаемом, земледелии плодородие почв должно воспроизводиться по всем основным показателям свойств, характерных для данного вида почв. В современном земледелии это возможно осуществлять двумя способами: технологическим и вещественным [1, 2].

Технологический включает севообороты с различными способами обработки почв, способами посевов, возделыванием промежуточных культур и т. д. Он мобилизует почвенные ресурсы, но не восполняет их. Применение этого способа не обеспечит полноценный эффект воспроизводства почвенного плодородия. Для этого требуется применение мелиорантов, внесение удобрений, пестицидов и т. д., что оказывает многообразное дей-

ствие на плодородие почв и исключает проявление негативных процессов. Это возможно при вещественном способе. Сочетание этих двух способов будет содействовать восстановлению и повышению плодородия почв [3].

Севооборотам принадлежит важная роль в регулировании почвенного плодородия, так как они при смене культур помогают увеличивать урожайность, что способствует накоплению гумуса – основного фактора сохранения положительных свойств почв. За ротацию севооборота требуется внести органическое удобрение, так как уменьшение количества гумуса без его внесения связано с быстрой минерализацией органического вещества при ежегодной обработке почв [4].

Введение в севооборот многолетних трав, в первую очередь бобовых, положительно сказывается на балансе гумуса, на обогащении почв азотом и в целом на урожайности возделываемых культур [5–7].

Доказано, что эффективность вносимых удобрений выше в севообороте, чем в бессменном посеве [8]. Соблюдение севооборотов с максимальным соотношением зерновых, пропашных и многолетних трав является необходимым условием накопления гумуса в почвах [9].

На состояние орошаемых земель отрицательное влияние оказывают поливы слабоминерализованными водами [10–12].

Цель исследования – установить влияние зерно-кормового и овощного севооборотов на агрофизические свойства черноземов, орошаемых слабоминерализованной водой, в сравнении с неорошаемым аналогом.

Материалы и методы. Исследования проводились в ООО «Прогресс» Неклиновского района Ростовской области на черноземах обыкновенных в зерно-кормовых севооборотах неорошаемом (без поливов) и орошаемом с ежегодными оросительными нормами 1500–2500 м³/га и в овощном севообороте с ежегодными оросительными нормами 3000–4000 м³/га в 2014–2021 гг. Источник орошения – Миусский лиман со слабоминерализованной водой (1,3–1,7 г/дм³) сульфатно-натриевого состава.

Для установления негативных свойств почв, возникающих под воздействием воды неблагоприятного качества, осенью 2021 г. после ротации севооборотов отбирались образцы почв по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см. В шурфах определялась плотность сложения почв.

В почвенных образцах произведены следующие виды анализов:

- гранулометрический состав¹;
- микроагрегатный состав¹;
- плотность сложения почв в полевых условиях и расчет пористости по А. Ф. Вадюниной²;
- гумус³;
- водопрочность агрегатов методом Н. И. Саввинова²;
- азот нитратный⁴;
- фосфор подвижный⁵;
- калий обменный (подвижный)⁵.

Отбор образцов почв и их анализ проведен по общепринятым стандартным методикам. Оценка свойств чернозема – по общепринятым классификациям [13].

На орошаемых землях базовыми культурами интенсивных севооборотов признаны люцерна и кукуруза. Наши исследования проводились в зерно-кормовом севообороте, в котором 3 года возделывалась люцерна, высеваемая под покров ячменя, затем озимая пшеница на зерно, соя на зерно и

¹ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Введ. 2015-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

²Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

³ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. Введ. 1993-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1992. 6 с.

⁴ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. Введ. 1986-07-30. М.: Изд-во стандартов, 1986. 10 с.

⁵ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. Введ. 1993-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1992. 8 с.

кукуруза на зерно. Ежегодная водная нагрузка составила 1500–2500 м³/га. Аналогичный севооборот был на неорошаемом участке.

В овощном севообороте также 3 года возделывалась люцерна, затем поздняя капуста, свекла, томаты и морковь. В среднем оросительная норма равнялась 3000–4000 м³/га.

Для сохранения плодородия почв в зерно-кормовых севооборотах после возделывания кукурузы на зерно, а в овощном – после уборки свеклы внесен навоз в дозе 60 т/га.

Кроме того, все возделываемые севообороты насыщались бобовыми многолетними травами (люцерна) в пределах 40 %.

Результаты и обсуждения. Из агрофизических свойств почв нами рассмотрены основные водно-физические показатели, общее содержание гумуса и содержание питательных элементов.

Водно-физические свойства черноземов обыкновенных в большей степени зависят от физико-химических свойств почв. Так, на неорошаемом участке, где не наблюдается солонцеватости почв, пахня слабо уплотнена и в среднем в слое 0–40 см плотность сложения составляет 1,14 т/м³, глубже до 1 м она повышается до 1,30 т/м³ и характеризуется уплотненностью. По водопрочности агрегатов и пористости почва имеет в основном удовлетворительное состояние по всему метровому слою. Гранулометрический состав в неорошаемых почвах представлен суглинком тяжелым (таблица 1).

Таблица 1 – Водно-физические свойства черноземов обыкновенных
Table 1 – Water-physical property of ordinary chernozems

Слой, см	Плотность сложения почв		Водопрочность агрегатов		Гранулометри- ческий состав		Пористость	
	т/м ³	оценка	%	оценка	физиче- ская гли- на, %	оцен- ка	%	оценка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Неорошаемый чернозем, зерно-кормовой севооборот								
0–20	1,12	слабо уплотнена	28	неудовлетвори- тельная	58	Ст	55	удовлетво- рительная
20–40	1,16	слабо уплотнена	32	удовлетворитель- ная	60	Ст	53	удовлетво- рительная

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40–60	1,28	уплотнена	34	удовлетворительная	60	Ст	52	удовлетворительная
60–80	1,30	уплотнена	38	удовлетворительная	59	Ст	50	удовлетворительная
80–100	1,30	уплотнена	40	удовлетворительная	63	Гл	50	удовлетворительная
0–40	1,14	уплотнена	30	неудовлетворительная	59	Ст	54	удовлетворительная
40–100	1,30	уплотнена	37	удовлетворительная	61	Гл	51	удовлетворительная
0–100	1,23	уплотнена	34	удовлетворительная	60	Ст	52	удовлетворительная
Орошаемый более 30 лет чернозем, зерно-кормовой севооборот								
0–20	1,32	сильно уплотнена	15	неудовлетворительная	56	Ст	43	неудовлетворительная
20–40	1,36	сильно уплотнена	18	неудовлетворительная	58	Ст	45	неудовлетворительная
40–60	1,34	сильно уплотнена	16	неудовлетворительная	59	Ст	50	неудовлетворительная
60–80	1,32	сильно уплотнена	14	неудовлетворительная	71	Гл	48	неудовлетворительная
80–100	1,30	сильно уплотнена	13	неудовлетворительная	74	Гл	47	неудовлетворительная
0–40	1,34	сильно уплотнена	17	неудовлетворительная	57	Ст	44	неудовлетворительная
40–100	1,32	сильно уплотнена	14	неудовлетворительная	68	Гл	48	неудовлетворительная
0–100	1,33	сильно уплотнена	15	неудовлетворительная	64	Гл	47	неудовлетворительная
Орошаемый более 30 лет чернозем обыкновенный деградированный, овощной севооборот								
0–20	1,39	сильно уплотнена	12	недостаточно удовлетворительное	42	Сср	38	чрезмерно низкая
20–40	1,42	сильно уплотнена	8	недостаточно удовлетворительное	44	Сср	39	чрезмерно низкая
40–60	1,45	сильно уплотнена	8	недостаточно удовлетворительное	45	Сср	32	чрезмерно низкая
60–80	1,47	сильно уплотнена	10	недостаточно удовлетворительное	58	Ст	29	чрезмерно низкая
80–100	1,44	сильно уплотнена	12	недостаточно удовлетворительное	75	Гл	25	чрезмерно низкая
0–40	1,41	сильно уплотнена	10	недостаточно удовлетворительное	43	Сср	39	чрезмерно низкая
40–100	1,45	сильно уплотнена	10	недостаточно удовлетворительное	59	Ст	29	чрезмерно низкая

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0–100	1,43	сильно уплотнена	10	недостаточно удо- влетворительное	53	Ст	33	чрезмерно низкая
Примечание – Ст – суглинок тяжелый; Гл – глина легкая; Сср – суглинок средний.								

В черноземе, осваиваемом в зерно-кормовом севообороте, при орошении с водной нагрузкой $2500 \text{ м}^3/\text{га}$ и поливах слабоминерализованной водой произошли изменения водно-физических свойств, несмотря на насыщение севооборотов люцерной и внесение органики. С глубины 60 см наблюдается накопление глинистых частиц и почвы по гранулометрическому составу стали легкоглинистыми (Гл), а на неорошаемом участке – тяжелосуглинистыми (Ст). Пашня в целом по метровому слою почвы характеризуется как сильно уплотненная, по количеству водопрочных агрегатов имеет недостаточно удовлетворительное состояние, а пористость при этом чрезмерно низкая.

Наиболее наглядно проявилось ухудшение водно-физических свойств почвы при длительном орошении слабоминерализованной водой на участке с овощными севооборотами, где оросительные нормы составляли более $3500 \text{ м}^3/\text{га}$. Пашня такого чернозема сильно уплотнена ($1,41 \text{ т/м}^3$), глубже 40 см плотность сложения уже составляет $1,45\text{--}1,47 \text{ т/м}^3$.

По гранулометрическому составу почвы верхних слоев из-за вымывания глинистых частиц приобрели свойства среднесуглинистых почв. Практически по профилю почвы отсутствуют водопрочные агрегаты (около 10 %). Пористость почв ухудшилась до значений чрезмерно низких.

Проводимые почвозащитные мероприятия в небольшой степени нивелировали воздействие больших водных нагрузок и неудовлетворительного качества поливной воды на процессы уплотнения и слитизации. В овощном севообороте за длительный период орошения сформировался комплексный покров [14].

Основными показателями агрохимических свойств почв являются гумус и питательные элементы, такие как азот (нитраты), подвижный фосфор и обменный калий.

При поливах слабоминерализованной водой состав гумуса меняется в сторону фульватизации, в результате чего он становится более подвижным, запасы его истощаются и происходит более быстрая его сработка. Это наглядно видно из данных таблицы 2, в которой показано его уменьшение с ростом оросительных норм. Так, в зерно-кормовом севообороте его содержание в черноземе при многолетнем орошении сократилось в относительных величинах в слое 0–40 см на 17 %, а в овощном севообороте – от 21 до 29 %, на солонцовых пятнах, по сравнению с неорошаемым аналогом, на 24 %.

Таблица 2 – Содержание гумуса в неорошаемых и орошаемых почвах с различными севооборотами

В %

Table 2 – Humus content in non-irrigated and irrigated soils with different crop rotations

In %

Слой, см	Зерно-кормовой севооборот		Овощной севооборот	
	Неорошаемый чернозем	Орошаемый более 30 лет чернозем	Орошаемый более 30 лет чернозем	Солонец
0–20	4,10	3,55	3,29	2,98
20–40	4,06	3,27	3,12	2,86
40–60	3,12	2,99	2,84	2,54
60–80	2,75	2,68	2,55	2,47
80–100	2,35	2,20	2,03	1,98
0–40	4,08	3,41	3,22	2,92
40–100	2,74	2,62	2,47	2,33
0–100	3,22	2,94	2,77	2,57

При освоении овощных севооборотов процессом дегумификации, т. е. потери гумуса, охвачен весь метровый слой. Так, если в метровом слое чернозема при орошении слабоминерализованной водой в зерно-кормовом севообороте содержание гумуса сократилось на 9 %, то в овощном – на 14 % и на 20 % на солонцовых пятнах.

Уменьшение содержания гумуса сказалось на обеспеченности почв элементами минерального питания. Так, на неорошаемом участке урожаи возделываемых культур ниже, чем на участках с орошением. Соответственно в меньшем количестве поступают в почву пожнивно-корневые остатки – основные источники гумуса. Содержание питательных элементов, а именно азота нитратного, подвижного фосфора и обменного калия, на этом участке среднее (таблица 3).

Таблица 3 – Обеспеченность элементами питания при различном освоении чернозема обыкновенного, орошаемого слабоминерализованной водой

В мг/кг

Table 3 – Provision of nutrients at various types of ordinary chernozem reclamation irrigated with low-mineralized water

In mg/kg

Слой, см	Зерно-кормовой севооборот		Овощной севооборот	
	Неорошаемый чернозем	Орошаемый более 30 лет чернозем	Орошаемый более 30 лет чернозем	Солонец
Азот нитратный				
0–20	8,8	8,5	4,9	3,4
20–40	8,3	8,0	4,5	2,9
0–40	8,6	8,3	4,7	3,2
Подвижный фосфор				
0–20	47,5	46,7	30,7	18,4
20–40	46,8	45,4	28,9	17,5
0–40	47,2	46,1	29,8	18,0
Обменный калий				
0–20	139,8	118,9	59,7	45,5
20–40	136,7	110,3	55,9	43,2
0–40	138,3	114,6	57,8	44,3

Аналогичная обеспеченность этими элементами наблюдается и в орошаемом черноземе при зерно-кормовом севообороте, но меньшие поливные нормы сглаживают негативное воздействие слабоминерализованной поливной воды. Низкая и очень низкая обеспеченность питательными элементами проявилась на почвах, осваиваемых в овощном севообороте, где в результате высоких водных нагрузок образовался комплексный покров. Среди черноземов обыкновенных возникли солонцовые пятна, и сам чернозем приобрел свойства солонцеватости [14]. Это способствовало умень-

шению запасов не только гумуса, но и питательных элементов в почве. По подсчетам, солонцовые пятна составили около 30 %, что в целом сказалось на урожайности возделываемых культур всего массива. Урожайность культур в различных севооборотах представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Урожайность возделываемых культур в различных севооборотах при орошении слабоминерализованной водой

В т/га

Table 4 – Productivity of cultivated crops in various crop rotations with low-mineralized water irrigation

In t/ha

Зерно-кормовой севооборот			Овощной севооборот			
Культура севооборота	Урожайность		Культура севооборота	Урожайность		
	Неорошаемый чернозем	Орошаемый чернозем		Орошаемый чернозем	Солонец	Комплексный покров
1 Ячмень с подсевом люцерны	<u>2,7</u> 8,9	<u>4,0</u> 12,5	1 Ячмень с подсевом люцерны	<u>3,7</u> 10,8	<u>2,2</u> 8,5	<u>3,3</u> 10,1
2 Люцерна 2-го года жизни	29,4	61,0	2 Люцерна 2-го года жизни	55,8	50,7	54,3
3 Люцерна 3-го года жизни	30,2	62,5	3 Люцерна 3-го года жизни	57,4	51,3	55,6
4 Люцерна 4-го года жизни – 2 укоса	17,9	29,7	4 Люцерна 4-го года жизни – 2 укоса	24,5	17,6	22,5
5 Озимая пшеница, пожнивно – злаковая бобовая смесь	<u>3,2</u> 10,5	<u>5,6</u> 16,9	5 Капуста поздняя	41,3	31,0	38,2
6 Кукуруза на зерно (навоз 60 т/га)	4,7	8,9	6 Свекла (навоз 60 т/га)	35,9	28,4	33,6
7 Соя на зерно	2,10	3,95	7 Томаты	28,3	21,5	26,3
8 Кукуруза на зеленую массу	6,5	13,8	8 Морковь	34,8	25,7	32,1

Как видно из данных таблицы 4, в зерно-кормовом севообороте в неорошаемых условиях урожайность культур в 1,5–2 раза ниже, чем при орошении, несмотря на то, что при поливах слабоминерализованной водой в этом севообороте ухудшались физико-химические свойства чернозема [14] и частично агрофизические (чернозем уплотнился, снизилась пористость почв, уменьшилось общее содержание гумуса в верхнем слое 0–40 см).

Негативные последствия, наблюдаемые в почвах, особенно выражены в овощном севообороте, в котором проявилась комплексность почвенного покрова (а именно: среди черноземов появились пятна солонцов). В результате этого урожайность возделываемых культур, особенно овощей, была на солонце на 20–25 % ниже, чем на черноземе.

Урожайность культур в целом при комплексном покрове в овощном севообороте намного ниже, чем на орошаемом черноземе в зерно-кормовом севообороте.

Это подтверждают расчеты продуктивности севооборотов, представленные на рисунке 1.



Рисунок 1 – Продуктивность различных севооборотов

Figure 1 – Productivity of various crop rotations

Прибавка продуктивности орошаемого зерно-кормового севооборота по сравнению с контролем (зерно-кормовой севооборот неорошаемый) составила 21,66 т з. е./га (83 %), а овощного – 12,93 т з. е./га (50 %).

Выводы. Севообороты с насыщением многолетними травами и внесением навоза сдерживают ухудшение агрофизических свойств чернозема обыкновенного. Это наглядно проявилось в варианте зерно-кормового севооборота неорошаемого.

Орошение слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава способствует ухудшению водно-физических свойств этих почв, уменьшает общее содержание гумуса в них и, соответственно, снижает обеспеченность элементами питания.

Исследования показали, что чем выше водные нагрузки в севооборотах, тем сильнее прогрессируют негативные агрофизические свойства черноземов, особенно при поливах слабоминерализованными водами.

Наиболее наглядно проявилось ухудшение водно-физических свойств при длительном орошении слабоминерализованной водой на участке с овощными севооборотами, где оросительные нормы составляли более 3500 м³/га. Пашня такого чернозема сильно уплотнена (1,41 т/м³), глубже 40 см плотность сложения уже составляет 1,45–1,47 т/м³.

По гранулометрическому составу почвы верхних слоев из-за вымывания глинистых частиц приобрели свойства среднесуглинистых почв. Практически по профилю почвы отсутствуют водопрочные агрегаты (около 10 %). Пористость почв ухудшилась до значений чрезмерно низких.

Почвенный покров в овощном севообороте трансформировался в комплексный с содержанием солонцовых пятен до 30 %.

Продуктивность зерно-кормового севооборота в неорошаемых условиях составила 26,01 т з. е./га, в орошаемых с ежегодной водной нагрузкой от 1500 до 2500 м³/га – 47,67 т з. е./га, а в овощном севообороте с оросительными нормами от 3000 до 4000 м³/га – 38,34 т з. е./га.

Список источников

1. Эффективность и оптимизация систем удобрения в севооборотах с разной долей многолетних трав на дерново-подзолистой почве центра Нечерноземной зоны России / В. В. Кономчук, В. Д. Штырхунов, Г. В. Благовещенский, С. М. Тимошенко, Т. О. Назарова // Агрохимия. 2020. № 7. С. 36–46. DOI: 10.31857/S0002188120070078.

2. Продуктивность биологизированных севооборотов и изменение плодородия дерново-подзолистой почвы в зависимости от способов основной обработки и удобрений в Центральном Нечерноземье / В. В. Кономчук, В. Д. Штырхунов, Г. В. Благовещенский, С. М. Тимошенко, Т. О. Назарова // Кормопроизводство. 2021. № 1. С. 13–20.

3. Агрохимия / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, Г. П. Гамзиков, А. Х. Шеуджен,

Е. В. Агафонов, Н. М. Белоус, В. С. Егоров, А. И. Подколзин, В. А. Романенков, С. П. Торшин, В. В. Лапа, А. Р. Цыганов, Т. Ф. Персикова, Р. Е. Елешев, А. С. Сапаров; под ред. В. Г. Минеева. М.: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. 854 с.

4. Жарова Т. Ф. Севообороты и их эффективность в управлении плодородием почв // Science Time. 2016. № 2. С. 233–238.

5. Коновалова Л. К., Окорков В. В., Петросян Р. Д. Роль фактора «севооборот» в управлении плодородием и продуктивностью почв // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 8, ч. 2. С. 146–152. DOI: 10.17513/vaael.681.

6. Биологизированные овощные севообороты – важный фактор сохранения плодородия почв и производства экологически чистой овощной продукции / Б. А. Турегельдиев, Л. А. Бурибаева, Т. Е. Айтбасаев, Т. С. Тажибаев // Почвоведение и агрохимия. 2019. № 3. С. 31–40.

7. Тюлин В. А., Сутягин В. П. Конструирование севооборотов в адаптивно-экологическом земледелии (научный обзор) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 10, ч. 2. С. 297–301.

8. Новиков А. А. Полевые севообороты и их влияние на баланс гумуса в условиях черноземов обыкновенных Ростовской области // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул, 2019. Кн. 1. С. 232–233.

9. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Баланс органического вещества и меры по его поддержанию в орошаемых севооборотах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 4–10.

10. Никончик П. И. Севооборот и воспроизводство плодородия почвы. Результаты 30-летнего стационарного опыта // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2012. Вып. 3. С. 88–98.

11. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Факторы, усиливающие отрицательное воздействие длительного орошения на свойства чернозема обыкновенного // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 1–22. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1156> (дата обращения: 20.01.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-1-22.

12. Long-term saline water irrigation decreased soil organic carbon and inorganic carbon contents / X. Dong, J. Wang, X. Zhang, H. Dang, B. P. Singh, X. Liu, H. Sun // Agricultural Water Management. 2022. Vol. 270. 107760. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107760>.

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.

14. Шалашова О. Ю., Рубцов И. П. Трансформация чернозема обыкновенного при длительном орошении слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. № 3(40). С. 1–14. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1289> (дата обращения: 20.01.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-1-14.

References

1. Konomchuk V.V., Shtyrkhunov V.D., Blagoveshchensky G.V., Timoshenko S.M., Nazarova T.O., 2020. *Effektivnost' i optimizatsiya sistem udobreniya v sevooborotakh s raznoy doley mnogoletnikh trav na dernovo-podzolistoy pochve tsentra Nechernozemnoy zony Rossii* [Efficiency and optimization of fertilizer systems in crops rotations with different performance of perennial grasses on the sod-podzolic soil of the center of the Non-Black-zone of Russia]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], no. 7, pp. 36-46, DOI: 10.31857/S0002188120070078. (In Russian).

2. Konomchuk V.V., Shtyrkhunov V.D., Blagoveshchensky G.V., Timoshenko S.M.,

Nazarova T.O., 2021. *Produktivnost' biologizirovannykh sevooborotov i izmenenie plodorodiya dernovo-podzolistoy pochvy v zavisimosti ot sposobov osnovnoy obrabotki i udobreniy v Tsentral'nom Nechernozem'e* [Crop productivity and fertility of sod-podzolic soil affected by tillage and fertilization in the central Non-Chernozem region]. *Kormoproizvodstvo* [Feed Production], no. 1, pp. 13-20. (In Russian).

3. Mineev V.G., Sychev V.G., Gamzikov G.P., Sheudzhen A.Kh., Agafonov E.V., Belous N.M., Egorov V.S., Podkolzin A.I., Romanenkov V.A., Torshin S.P., Lapa V.V., Tsyganov A.R., Persikova T.F., Eleshev R.E., Saparov A.S., 2017. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. Moscow, VNIIA named after D.N. Pryanishnikova, 854 p. (In Russian).

4. Zharova T.F., 2016. *Sevooboroty i ikh effektivnost' v upravlenii plodorodiem pochv* [Crop rotations and their effectiveness in managing soil fertility]. *Science Time*, no. 2, pp. 233-238. (In Russian).

5. Konovalova L.K., Okorkov V.V., Petrosyan R.D., 2019. *Rol' faktora "sevooborot" v upravlenii plodorodiem i produktivnost'yu pochv* [The role of the "crop rotation" factor at soil fertility and productivity management]. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava* [Bulletin of Altai Academy of Economics and Law], no. 8, pt. 2, pp. 146-152, DOI: 10.17513/vaael.681. (In Russian).

6. Turegeldiev B.A., Buribaeva L.A., Aitbasaev T.E., Tazhibaev T.S., 2019. *Biologizirovannye ovoshchnye sevooboroty – vazhnyy faktor sokhraneniya plodorodiya pochv i proizvodstva ekologicheskii chistoy ovoshchnoy produktsii* [Biological vegetable crop rotations is an important factor of the soil safety and production of environmental pure vegetable products]. *Pochvovedenie i agrokimiya* [Soil Science and Agrochemistry], no. 3, pp. 31-40. (In Russian).

7. Tyulin V.A., Sutyagin V.P., 2017. *Konstruirovaniye sevooborotov v adaptivno-ekologicheskom zemledelii (nauchnyy obzor)* [Designing crop rotations in adaptive-ecological agriculture (scientific review)]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], no. 10, pt. 2, pp. 297-301. (In Russian).

8. Novikov A.A., 2019. *Polevye sevooboroty i ikh vliyanie na balans gumusa v usloviyakh chernozemov obyknovennykh Rostovskoy oblasti* [Field crop rotations and their impact on the humus balance under the conditions of ordinary chernozems in Rostov region]. *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Bulletin of the XIV International Scientific-Practical Conference]. Barnaul, b. 1, pp. 232-233. (In Russian).

9. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2022. *Balans organicheskogo veshchestva i mery po ego podderzhaniyu v oroshaemykh sevooborotakh* [Organic matter balance and measures for its maintenance in irrigated crop rotations]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(85), pp. 4-10. (In Russian).

10. Nikonchik P.I., 2012. *Sevooborot i vosproizvodstvo plodorodiya pochvy. Rezul'taty 30-letnego statsionarnogo opyta* [Crop rotation and soil fertility improvement. Results of a 30-year long-term experiment]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Timiryazev Agricultural Academy], iss. 3, pp. 88-98. (In Russian).

11. Babichev A.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2020. [Factors enhancing the adverse effects of long-term irrigation on the ordinary chernozem properties]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(40), pp. 1-22, available: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1156> [accessed 20.01.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-1-22. (In Russian).

12. Dong X., Wang J., Zhang X., Dang H., Singh B.P., Liu X., Sun H., 2022. Long-term saline water irrigation decreased soil organic carbon and inorganic carbon contents. *Agricultural Water Management*, vol. 270, 107760, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107760>.

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

14. Shalashova O.Yu., Rubtsov I.P., 2022. [Transformation of ordinary chernozem during long-term irrigation with low-mineralized water of sulfate-sodium water]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, no. 3(40), pp. 1-14, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1289> [accessed 20.01.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-1-14. (In Russian).

Информация об авторах

О. Ю. Шалашова – доцент кафедры экологических технологий природопользования, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Protgts@rambler.ru

Е. В. Пятницына – доцент кафедры экологических технологий природопользования, кандидат химических наук, доцент, Protgts@rambler.ru

И. П. Рубцов – аспирант 2-го года обучения, Protgts@rambler.ru

Information about the authors

O. Yu. Shalashova – Associate Professor of the Department of Environmental Technologies of Nature Management, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Protgts@rambler.ru

E. V. Pjaticyna – Associate Professor of the Department of Environmental Technologies of Nature Management, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Protgts@rambler.ru

I. P. Rubtsov – Postgraduate Student of the 2nd Year of Study, Protgts@rambler.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.01.2023; одобрена после рецензирования 31.01.2023; принята к публикации 07.02.2023.

The article was submitted 25.01.2023; approved after reviewing 31.01.2023; accepted for publication 07.02.2023.