

УДК 631.6

DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-166-183

В. А. Шадских, В. Е. Кижяева, Л. Г. Романова, О. Л. Рассказова
Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс,
Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУР ОРОШАЕМОГО ЗЕРНО-КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Целью исследований являлось изучение влияния отдельных культур зерно-кормового орошаемого севооборота на агрофизические и агрохимические параметры почвы. Исследования проводились в 2013–2017 гг. на орошаемых темно-каштановых почвах опытно-производственного хозяйства Волжского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, расположенного в сухостепной зоне Заволжья. Технология выращивания культур традиционная для сухостепной зоны Поволжья в условиях орошения. Исследования, посвященные определению агрофизических и агрохимических свойств почвы, и обработка полученных данных были проведены по общепринятым методикам. Результаты определения гранулометрического и микроагрегатного составов пахотного горизонта позволяют констатировать, что содержание фракций физической глины составляет 40,25–44,13 %, т. е. почвы в целом классифицируются как среднесуглинистые, иловато-пылеватые, фактор структурности по Фогелеру под всеми культурами составил 97–98 %, т. е. длительно орошаемые темно-каштановые почвы имеют довольно высокую водоустойчивость микроагрегатов. При оценке структуры почвы по водоустойчивости количество водопрочных агрегатов размером больше 0,25 мм под всеми культурами севооборота составило не более 12,16–21,68 %. Установлено, что на почвах каштанового ряда при орошении из пахотного слоя большинства культур выносятся питательные элементы: до 80 % почвенного подвижного азота, до 30 % подвижного фосфора и до 20 % обменного калия. При средней степени обеспеченности соотношение N:P₂O₅ во вносимых удобрениях под зерновые должно составлять 1,5:1, под кормовые бобовые – 1:2.

Ключевые слова: орошение, агрофизические свойства почвы, агрохимические свойства почвы, почвенное плодородие, севооборот, элементы питания почвы.

V. A. Shadskikh, V. E. Kizhaeva, L. G. Romanova, O. L. Rasskazova
Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels,
Russian Federation

INFLUENCE OF CROPS OF IRRIGATED GRAIN-FODDER CROP ROTATION ON AGRO-PHYSICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOIL

The aim of the research was to study the effect of individual crops of grain-fodder irrigated crop rotation on the agro-physical and agrochemical parameters of the soil. The studies were conducted in 2013–2017 on the irrigated dark chestnut soils of the experimental production farm of Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation located in the dry steppe zone of the Volga region. The crop cultivation technology is traditional for the dry-steppe zone of Volga region under irrigation conditions. Studies dedicated to the

determination of the agro-physical and agrochemical properties of soil and the processing of the data obtained were carried out according to generally accepted methods. The results of determining the granulometric and microaggregate compositions of the arable layer make it possible to ascertain that the content of physical clay fractions is 40.25–44.13 %, i. e. soils are generally classified as medium loamy, silty-clay, the Fageleru structure factor under all crops is 97–98 %, i. e. long-irrigated dark-chestnut soils have a rather high water resistance of microaggregates. When assessing the soil structure by water resistance, the number of water-resistant aggregates larger than 0.25 mm in size under all crops of crop rotation was no more than 12.16–21.68 %. It has been found that during irrigation on chestnut-type soils nutrient elements are removed from the arable layer of most crops: soil mobile nitrogen up to 80 %, labile phosphorus up to 30 % and exchangeable potassium up to 20 %. With an average degree of availability, the ratio N: P₂O₅ in fertilizers applied for cereals should be 1.5:1, for leguminous fodder – 1:2.

Keywords: irrigation, agro-physical properties of soil, agrochemical properties of soil, soil fertility, crop rotation, soil nutrition elements.

Введение. По прогнозным оценкам, сохранение существующей системы орошаемого земледелия в Поволжье может привести к ухудшению экологической обстановки [1, 2]. Произойдет дальнейшее уменьшение запасов гумуса в почве на 3–6 % и мощности гумусового горизонта, что, как следствие, ухудшит ее структуру и водно-физические свойства. Использование необоснованных доз минеральных удобрений нарушает экологические условия агроландшафтов [3]. Все эти негативные явления, а также современные тенденции к биологизации земледелия диктуют необходимость внесения повышенных доз органических удобрений.

Изменения, происходящие в почвах при орошении, могут быть:

- закономерными, проявляющимися повсеместно и влияющими на уплотнение почв, преобразование почвенно-поглощающего комплекса, снижение содержания кальция;

- закономерно-локальными, обусловленными спецификой местных условий (качеством оросительных вод, гидрогеологической и мелиоративной обстановкой – осолонцеванием, увеличением содержания легкорастворимых солей, подщелачиванием среды, выносом карбонатов, обесструктурированием почв);

- случайными, связанными с уровнем ведения земледелия, применяющимися технологиями возделывания сельскохозяйственных культур

(изменением содержания гумуса, N, P, K, параметров почвенной структуры).

Различные по степени и видам антропогенные нагрузки вызывают значительные отклонения водно-физических и химических свойств от зональных оптимальных параметров [4–6].

Целью наших исследований являлось изучение влияния отдельных культур орошаемого зерно-кормового севооборота на агрофизические и агрохимические параметры среднесуглинистых темно-каштановых почв.

Материалы и методы. Исследования, посвященные изучению влияния отдельных культур зерно-кормового севооборота на агрофизические и агрохимические параметры почвы Поволжья, проводились в 2013–2017 гг. на полях ОПХ «ВолжНИИГИМ», расположенного в сухостепной зоне Заволжья в Энгельском районе Саратовской области. Средняя продолжительность периода активной вегетации сельскохозяйственных культур 160–185 дней. В среднем за год выпадает 350–400 мм осадков. Почвы опытного участка темно-каштановые среднесуглинистые, орошаемые. По содержанию элементов питания почва характеризуется повышенной обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием и средней или низкой нитрификационной способностью.

Исследование проводилось в типовом зерно-кормовом орошаемом севообороте: 1) люцерна под покровом ячменя; 2) люцерна; 3) люцерна; 4) озимая пшеница; 5) кормосмесь (сорго + соя + суданская трава, подсолнечник); 6) вика + овес; 7) соя. Оценка влияния отдельных культур зерно-кормового севооборота на агрофизические и агрохимические свойства орошаемой почвы проводилась в производственных посевах под культурами: 1) озимая пшеница; 2) люцерна 3-го года жизни; 3) вика + овес; 4) соя.

В производственных посевах каждой из культур было заложено по две наблюдательные площадки на расстоянии 140 и 340 м от гидранта ДМ «Фрегат». Весной после посева и осенью после уборки проводился от-

бор почвенных образцов из пахотного слоя (0–30 см) для определения содержания элементов питания. Технология выращивания культур традиционная для сухостепной зоны Поволжья в условиях орошения. Исследование агрофизических и агрохимических свойств почвы и обработка полученных данных были проведены по общепринятым методикам [7–10].

Результаты и их обсуждение. Результаты многолетних исследований в сухостепном Поволжье свидетельствуют, что длительное орошение повсеместно сопровождается физической деградацией почв, которая проявляется в увеличении плотности сложения, ухудшении структурного состояния, снижении водопрочности структурных агрегатов и, как следствие, уменьшении скважности. В результате ухудшаются водные свойства почвы: водопоглотительная и водопроводящая способность, уменьшается запас продуктивной влаги и т. д. Причиной физической деградации являются избыточные технологические нагрузки (механическое, водное, биологическое воздействие) [11, 12].

Определяющими факторами развития процессов физической деградации орошаемых почв являются:

- периодическое чередование интенсивного увлажнения почвы при поливах и высыхания ее в межполивной период в условиях высоких летних температур;

- высокие нагрузки сельхозтехники на почву при многократной механической обработке, нередко в ее переувлажненном состоянии, или при уборке урожая.

Значительное влияние на физическую деградацию орошаемых почв оказывает уменьшение содержания гумуса и ухудшение его состава.

Существует ряд общепринятых параметров, характеризующих агрофизическое состояние почвы; для каждого типа почвы определены их оптимальные значения.

Ниже приводятся результаты первого года исследований, посвящен-

ных изучению влияния отдельных культур орошаемого зерно-кормового севооборота на агрофизические характеристики длительно орошаемой темно-каштановой почвы.

Исходная плотность сложения пахотного горизонта почвы под изучаемыми культурами севооборота определялась после посева однолетних и перед началом отрастания многолетних (люцерны 3-го года) кормовых трав (таблица 1).

Таблица 1 – Водно-физические свойства темно-каштановой почвы на полях орошаемого зерно-кормового севооборота в ОПХ «ВолжНИИГиМ»

Культура/ расположение	Срок отбора	Слой, см	Плотность сложения d , т/м ³	Порозность $P_{\text{общ}}$, %
Озимая пшеница/ Фрегат 4, поле 5	сентябрь	0–10	1,25	53
		10–20	1,38	43
		20–30	1,28	52
		0–30	1,30	51
	июль	0–10	1,23	54
		10–20	1,38	50
		20–30	1,27	52
		0–30	1,29	52
Соя/Фрегат 3, поле 2	май	0–10	0,97	63
		10–20	1,24	49
		20–30	1,29	55
		0–30	1,16	56
	октябрь	0–10	1,23	
		10–20	1,42	
		20–30	1,34	
		0–30	3,33	
Вика + овес/Фрегат 9	май	0–10	1,02	61
		10–20	1,15	56
		20–30	1,33	50
		0–30	1,16	56
	август	0–10	1,15	51
		10–20	1,40	47
		20–30	1,30	51
		0–30	1,28	52
Люцерна 3-го года	сентябрь	0–10	1,35	49
		10–20	1,37	46
		20–30	1,37	48
		0–30	1,36	48
	август	0–10	1,30	51
		10–20	1,49	44
		20–30	1,40	47
		0–30	1,39	47

Верхний слой почвы 0–30 см под озимой пшеницей и люцерной 3-го года заметно уплотнен (до 1,37–1,38 т/м³). Под посевами кормосмеси (вика + овес) и сои после весенней обработки почвы плотность сложения близка к оптимальной (1,16 т/м³). К осени под всеми культурами севооборота наблюдалось увеличение плотности сложения, наиболее ярко выраженное под люцерной (до 1,39 т/м³), что объясняется большим, чем под остальными культурами, воздействием сельхозмашин за три укоса зеленой массы [13].

Порозность в целом коррелирует с величиной плотности сложения, составляя весной 55 % под соей и смесью вика + овес, несколько меньше под озимой пшеницей, и уменьшается до 47 % под люцерной. К осени наблюдается наибольшее снижение показателя порозности под всеми культурами.

Результаты определения гранулометрического состава пахотного горизонта темно-каштановой почвы по вариантам опыта приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения гранулометрического состава пахотного горизонта темно-каштановой террасовой длительно орошаемой почвы, ОПХ «ВолжНИИГиМ»

В %

Культура/ расположение	Содержание фракции						
	Размер частиц, мм						
	1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	∑ фрак- ций < 0,01
Озимая пшени- ца/Фрегат 4, поле 5	0,39	28,98	29,60	4,64	6,72	29,73	41,09
	0,30	28,07	29,30	5,40	8,15	28,78	42,33
Соя/Фрегат 3, поле 2	1,12	25,76	30,60	5,84	8,59	28,09	42,22
Вика + овес/Фрегат 9	0,57	30,78	28,40	5,40	6,60	28,25	40,25
Люцерна 3-го года/ Фрегат 4, поле 4	0,42	27,73	29,20	7,52	8,36	26,77	42,65
	0,33	27,34	28,20	5,24	8,52	30,37	44,13

Содержание фракций размером меньше 0,01 мм составляет 40,25–44,13 %, т. е. почвы в целом классифицируются как среднесуглинистые, иловато-пылеватые [14].

Микроагрегатный состав пахотного горизонта почвы приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты определения микроагрегатного состава пахотного горизонта темно-каштановой террасовой длительно орошаемой почвы, ОПХ «ВолжНИИГиМ»

В %

Культура/ расположение	Содержание микроагрегатов						
	Размер частиц, мм						
	1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	∑ фракций < 0,01
Озимая пшеница/ Фрегат 4, поле 5	4,56	54,20	36,00	2,12	2,48	0,64	5,24
Люцерна 3-го года/ Фрегат 4, поле 4	1,73	57,07	34,40	3,40	2,84	0,56	6,80
Люцерна 3-го года/ Фрегат 4, поле 4	1,56	57,88	36,20	2,08	1,60	0,68	4,36
Фрегат 4, поле 4	2,82	54,32	37,37	3,24	1,72	0,68	5,64

По результатам сопряженного определения содержания илистых частиц (диаметром < 0,001 мм) при проведении гранулометрического и микроагрегатного анализа можно судить о степени устойчивости микроагрегатов к воздействию воды [10, 15].

Фактор структурности (Φ_c) по Фагелеру рассчитывается по формуле:

$$\Phi_c = \frac{I_{\Gamma} - I_M}{I_{\Gamma}} \cdot 100 \%,$$

где I_{Γ} – содержание ила при гранулометрическом анализе, %;

I_M – содержание ила при микроагрегатном анализе, %.

Чем выше фактор структурности, тем более водоустойчива микроструктура. Весной фактор структурности под всеми культурами составлял 97–98 %, т. е. микроагрегаты достаточно устойчивы к разрушению в воде. К концу вегетационного периода после уборки культур величина Φ_c изменилась незначительно.

Таким образом, длительно орошаемые темно-каштановые почвы ОПХ «ВолжНИИГиМ» имеют довольно высокую водоустойчивость микроагрегатов.

При формировании микроагрегатов основную связующую роль между элементарными пылеватыми и песчаными частицами почвы играют

илистые частицы. В среднесуглинистых почвах доля илистых частиц составляет 28–30 %, чем и объясняется водостойкость микроагрегатов этих почв.

Под структурой почвы понимают совокупность агрегатов, различных по величине, форме, водопрочности. Структура, наряду с гумусом, относится к важнейшим факторам, определяющим плодородие почвы и урожайность культур. Агрономически ценной считают структурные отдельности размером от 10 до 0,25 мм, обладающие водопрочностью.

В структурной почве создаются оптимальные условия водного, воздушного и питательного режимов; за счет высокой порозности и влагоемкости происходит хорошее впитывание и аккумуляция воды осадков и поливов, глубокое промачивание почвенного профиля, т. е. создаются благоприятные условия для жизни растений [16].

Результаты структурного анализа пахотного горизонта темно-каштановой почвы под культурами севооборота приведены в таблице 4.

На основании данных «сухого» просеивания рассчитан коэффициент структурности ($K_{стр}$) по формуле:

$$K_{стр} = \frac{\Sigma(10-0,25 \text{ мм})}{\Sigma(> 10 \text{ мм}, < 0,25 \text{ мм})}.$$

При сравнении структурного состояния слоя почвы 0–30 см под культурами зерно-кормового севооборота наибольшее значение коэффициента структурности ($K_{стр}$) весной выявлено на посевах сои и смеси вика + овес (1,69 и 1,97 соответственно), несколько ниже (1,54) – на люцерне. В соответствии с классификацией [14] микроструктура весной под всеми культурами севооборота характеризуется как отличная. К осени $K_{стр}$ пахотного горизонта уменьшился практически под всеми культурами (т. е. к осени произошло уменьшение количества агрономически ценных агрегатов) и составил 1,01–0,93, что по классификации [17] соответствует категории «хорошее».

Таблица 4 – Результаты структурного анализа пахотного горизонта темно-каштановой почвы под культурами орошаемого севооборота, ОПХ «ВолжНИИГиМ»

Культура/ расположение	Дата отбора	Размер фракции, мм									K _{стр}
		> 10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25	
Озимая пшеница/ Фрегат 4, поле 5	май	<u>36,22</u> –	<u>8,34</u> –	<u>7,20</u> 0,14	<u>8,60</u> 0,26	<u>6,40</u> 0,10	<u>9,20</u> 0,80	<u>8,60</u> 2,80	<u>6,20</u> 10,40	<u>9,20</u> 85,60	1,20
	июль	<u>38,30</u> –	<u>7,90</u> –	<u>6,90</u> 0,36	<u>9,00</u> 0,80	<u>7,60</u> 0,52	<u>12,70</u> 1,25	<u>8,60</u> 4,50	<u>5,20</u> 12,90	<u>4,30</u> 79,70	1,36
Соя/Фрегат 3, поле 2	май	<u>32,07</u> –	<u>10,55</u> –	<u>9,26</u> –	<u>13,10</u> 0,36	<u>8,80</u> 0,38	<u>13,10</u> 1,18	<u>4,17</u> 4,96	<u>3,89</u> 15,80	<u>5,02</u> 78,32	1,69
	октябрь										
Вика + овес/Фрегат 9	май	<u>27,10</u> –	<u>9,48</u> –	<u>8,07</u> –	<u>9,48</u> 0,16	<u>9,50</u> 0,04	<u>15,48</u> 0,20	<u>8,28</u> 1,70	<u>6,07</u> 10,06	<u>6,54</u> 87,84	1,97
	август	<u>37,50</u> –	<u>6,64</u> –	<u>6,05</u> 0,30	<u>8,15</u> 0,12	<u>6,16</u> 0,24	<u>11,23</u> 0,38	<u>3,13</u> 2,22	<u>6,73</u> 8,28	<u>14,31</u> 88,46	0,93
Люцерна 3-го года/ Фрегат 4, поле 4	май	<u>32,60</u> –	<u>8,08</u> –	<u>8,06</u> 0,30	<u>9,20</u> 0,30	<u>8,60</u> 0,32	<u>11,94</u> 0,54	<u>8,70</u> 3,50	<u>6,10</u> 11,70	<u>7,40</u> 83,40	1,54
	август		<u>8,10</u> –	<u>6,60</u> 0,10	<u>9,60</u> 0,44	<u>6,90</u> 0,52	<u>10,60</u> 0,83	<u>4,20</u> 4,00	<u>4,30</u> 11,00	<u>4,40</u> 83,10	1,01
Примечание – В числителе – данные «сухого» просеивания, в знаменателе – данные «мокрого» просеивания.											

Оценку структуры почвы по водоустойчивости проводят по количеству агрегатов размером больше 0,25 мм, остающихся после «мокрого» просеивания. Из анализа результатов наших исследований следует, что агрегатов размером больше 0,25 мм под всеми культурами севооборота не более 12,16–21,68 %, что по классификации [14] соответствует категории «неудовлетворительная».

Низкая водопрочность структуры на полях ОПХ объясняется снижением содержания гумуса до критических величин (2,66–2,75 %) за длительный период интенсивного землепользования [11].

Основные агрофизические свойства почвы: гранулометрический состав, плотность сложения, микро- и макроструктура, водопрочность – оказывают влияние на формирование урожая в виде создания оптимальных диапазонов содержания воды, воздуха, тепла, вернее, поддержания оптимальных для произрастания растений водного, воздушного и теплового режимов. Факторы агрохимические – удобрения, стимуляторы роста – проявляют себя только при благоприятных агрофизических условиях. Именно водный и воздушный режим определяют урожай, т. е. содержание воды и воздуха является основополагающим агрофизическим фактором развития растений [18].

Оптимальный уровень плодородия почвы определяется таким сочетанием ее основных свойств и показателей, при котором могут быть наиболее полно реализованы возможности выращиваемых сельхозкультур.

К основным агрохимическим показателям почвы относятся содержание и состав гумуса, количество доступных элементов питания растений: нитрификационная способность, подвижный фосфор, обменный калий.

Содержание доступных элементов питания на фоне благоприятных агрофизических свойств и соблюдения агротехники в значительной степени обеспечивает получение высоких урожаев.

В настоящее время по совокупности социально-экономических при-

чин количество вносимых удобрений резко сокращено, что повсеместно привело к недостаточной обеспеченности орошаемых земель питательными веществами, снижению запасов гумуса и в конечном счете падению урожайности сельхозкультур. Зональные показатели содержания азота, фосфора, калия и гумуса в темно-каштановой почве до начала широкого развития орошения приведены в «Агрохимической характеристике почв СССР» за 1966 г. [17] (таблица 5).

Таблица 5 – Агрохимическая характеристика террасовой темно-каштановой среднесуглинистой почвы [17]

Элемент питания	Содержание в слое 0–20 см	
	среднее	пределы изменений
Валовые формы, %		
Азот	0,27	0,19–0,32
Фосфор	0,11	0,06–0,19
Калий	1,44	1,17–1,90
Подвижные формы, мг/кг почвы		
Легкогидролизующий азот	54	14–109
P ₂ O ₅	14	9–28
K ₂ O	284	63–1594
Гумус, %	4,0	3,3–4,3

Установлено, что на почвах каштанового ряда при орошении и удобрении из пахотного слоя большинства культур выносятся до 80 % почвенного подвижного азота, до 30 % подвижного фосфора и до 20 % обменного калия [19]. Бобовые культуры две трети потребляемого азота берут из воздуха за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями.

Вынос элементов питания из почвы культурами зерно-кормового севооборота представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Вынос элементов питания с 1 ц основной продукции на орошаемых почвах Заволжья [19]

В кг/ц

Культура	Вынос		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Люцерна на зеленую массу	0,28	0,18	0,57
Озимая пшеница на зерно	3,20	1,10	3,60
Соя на зерно	2,20	2,00	3,00
Вико-овсяная смесь на зеленый корм	0,50	0,15	0,50

Таким образом, с урожаем сельхозкультур из почвы ежегодно выносятся питательные вещества. При недостаточном внесении удобрений почвы истощаются, снижается содержание гумуса, что ведет к уменьшению урожая и ухудшению качества сельхозпродукции.

Проведенное нами агрохимическое обследование (таблица 7) полей ОПХ под культурами зерно-кормового севооборота свидетельствует о низком содержании азота в почве, что приводит к невысоким урожаям и низкому качеству зерна озимой пшеницы и зеленой массы кормовых культур.

Таблица 7 – Содержание элементов питания в темно-каштановой почве под культурами орошаемого зерно-кормового севооборота, ОПХ «ВолжНИИГиМ»

В мг/кг почвы

Культура/ расположение	Дата отбо- ра	Нитрификацион- ная способность			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>v</i> , %	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>v</i> , %	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>v</i> , %
Озимая пшени- ца/Фрегат 4, поле 5	июль	18,7	0,13	20,81	56,7	0,22	11,5	364,4	1,19	9,8
		16,4	0,11	19,31	64,2	0,19	9,1	329,0	1,59	14,46
Вика + овес/Фре- гат 9	ав- густ	15,5	0,06	10,1	65,4	0,26	11,7	299,0	1,53	14,5
		14,1	0,07	13,51	40,3	0,30	21,2	303,3	2,06	19,2
Соя на зер- но/Фрегат 3, поле 2	ок- тябрь	16,5	0,07	12,0	72,5	0,15	6,0	321,1	1,72	16,1
Люцерна 3-го го- да/Фрегат 4, поле 4	ав- густ	16,2	0,13	22,17	31,6	0,46	41,3	200,0	0,76	10,7
Примечание – <i>M</i> – количественное показание содержания элементов питания, мг/кг почвы; <i>m</i> – средняя ошибка опыта, ед. (определяется по формуле S/\sqrt{n} , где <i>S</i> – основное квадратическое отклонение, <i>n</i> – число опытов) [9]; <i>v</i> – отклонение фактического содержания элементов питания в почве от среднего для зоны Заволжья, %.										

В соответствии с принятой для орошаемых земель Заволжья градацией обеспеченности элементами питания весной пахотный горизонт под всеми культурами орошаемого зерно-кормового севооборота был средне обеспечен азотом, осенью после уборки люцерны и вики почвы перешли в категорию низкообеспеченных, и это несмотря на азотфиксирующую способность бобовых культур [19, 20].

По содержанию подвижного фосфора и обменного калия почвы под изучаемыми культурами классифицируются как высокообеспеченные, оставаясь в этой категории и осенью, после уборки сельхозкультур.

Исключение представляет люцерна 3-го года жизни, почва под этой культурой и весной, и осенью имела меньшее по сравнению с другими полями содержание фосфора и калия, но тем не менее содержание их характеризовалось как среднее.

Для почв Заволжья, как правило, характерно среднее содержание калия. Урожай при этом зависит от находящегося в минимуме азота.

Исходя из биологических потребностей растений, необходимо оптимальное соотношение в почве азота и фосфора в зависимости от степени обеспеченности элементами питания. Так, при средней степени обеспеченности соотношение N:P₂O₅ во вносимых удобрениях под зерновые должно составлять 1,5:1, под кормовые бобовые – 1:2.

Зафосфаченность почв ОПХ (за счет высоких доз в прошлые годы) и довольно низкое содержание азота резко нарушают использование элементов питания, не обеспечивают получения высокого урожая, а товарная продукция получается низкого качества.

Выводы. Установлено, что под посевами кормосмеси (вика + овес) и сои после весенней обработки почвы плотность сложения была близка к оптимальной (1,16 т/м³), однако к осени под всеми культурами орошаемого севооборота наблюдалось увеличение плотности сложения, наиболее ярко выраженное под люцерной (до 1,39 т/м³). Это объясняется большим, чем под остальными культурами, воздействием сельхозмашин на почву за три укоса зеленой массы.

Результаты определения гранулометрического состава пахотного горизонта позволяют констатировать, что содержание фракций размером меньше 0,01 мм составляет 40,25–44,13 %, т. е. почвы в целом классифицируются как среднесуглинистые, иловато-пылеватые, фактор структурности под всеми культурами составил 97–98 %, т. е. длительно орошаемые темно-каштановые почвы имеют довольно высокую водоустойчивость микроагрегатов. В среднесуглинистых почвах доля илистых частиц со-

ставляет 28–30 %. Этим объясняется водостойкость микроагрегатов этих почв. При оценке структуры почвы по водостойчивости количество агрегатов размером больше 0,25 мм под всеми культурами севооборота составило не более 12,16–21,68 %. Низкая водопрочность макроструктуры является результатом уменьшения содержания гумуса до критических величин за длительный период интенсивного землепользования.

Установлено, что на почвах каштанового ряда при орошении из пахотного слоя большинства культур выносятся водорастворимые питательные элементы: до 80 % почвенного подвижного азота, до 30 % подвижного фосфора и до 20 % обменного калия. При средней степени обеспеченности соотношение N:P₂O₅ во вносимых удобрениях под зерновые должно составлять 1,5:1, под кормовые бобовые – 1:2.

Многолетние исследования свидетельствуют, что орошение сопровождается физической деградацией почв, которая проявляется в увеличении плотности сложения, ухудшении структурного состояния, снижении порозности и водопрочности структурных агрегатов в пахотном горизонте. Однако, по данным проведенных исследований, в системе севооборотов при определенном наборе культур, обладающих фитомелиорирующими свойствами, эти процессы несколько нивелируются.

В условиях орошения значительная роль в сохранении агрофизических и агрохимических показателей почвы в системе кормовых и зерно-кормовых севооборотов принадлежит многолетним травам.

Список использованных источников

1 Пронько, Н. А. Изменения агроландшафтов Саратовского Заволжья при широкомасштабных изменениях водного баланса территорий и способы предупреждения их деградации / Н. А. Пронько, В. В. Корсак, А. С. Фалькович // Вестник Саратовского го-сагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2013. – № 8. – С. 64–71.

2 Безднина, С. Я. Оптимальные параметры мелиоративного режима почв / С. Я. Безднина // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 11. – С. 58–63.

3 Кирейчева, Л. В. Концепция создания устойчивых мелиоративных агроландшафтов / Л. В. Кирейчева, Н. М. Решеткина; РАСХН, ВНИИГиМ. – М., 1997. – 54 с.

4 Шадских, В. А. Влияние орошения и способов обработки темно-каштановых почв на их агрофизические свойства и плодородие / В. А. Шадских, В. Е. Кижеева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 31–32.

- 5 Патрина, В. И. Обработка почв в орошаемых севооборотах Поволжья / В. И. Патрина // Земледелие. – 1985. – № 3. – С. 28.
- 6 Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. – Rome: FAO, 1983. – 237 p.
- 7 Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
- 8 Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – 2-е изд. – М.: МГУ, 1970. – 488 с.
- 9 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2010. – 352 с.
- 10 Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1973. – 223 с.
- 11 Критерии оценки компонентов агроландшафта, обеспечивающих экологическую устойчивость орошаемой территории / Л. Г. Романова, В. А. Шадских, В. Е. Кизжаева, А. Г. Лапшова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 180–185.
- 12 Приходько, В. Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность / В. Е. Приходько. – М.: Интеллект, 1996. – 163 с.
- 13 Бондарев, А. Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения / А. Г. Бондарев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 31–37.
- 14 Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
- 15 Hillel, D. Applications of Soil Physics / D. Hillel. – Toronto: Academic Press, 1980. – 162 p.
- 16 Учет гидрофизических свойств почвы при оценке динамики впитывания воды по модели А. Н. Костякова / Ф. В. Серебренников, А. В. Кравчук, В. В. Корсак, Д. А. Курмангалиева // Научная жизнь. – 2017. – № 11. – С. 40–47.
- 17 Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Поволжья. – М.: Наука, 1966. – 358 с.
- 18 Шеин, Е. В. Курс физики почв / Е. В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
- 19 Рекомендации по определению норм минеральных удобрений на запланированный урожай при орошении для Саратовского Заволжья / ВолжНИИГиМ. – Саратов, 1980. – 42 с.
- 20 Васильев, В. А. Справочник по органическим удобрениям / В. А. Васильев, Н. В. Филиппова. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.

References

- 1 Pron'ko N.A., Korsak V.V., Fal'kovich A.S., 2013. *Izmeneniya agrolandshaftov Saratovskogo Zavolzh'ya pri shirokomasshtabnykh izmeneniyakh vodnogo balansa territoriy i sposoby preduprezhdeniya ikh degradatsii* [Changes in agrolandscapes of Saratov Trans-Volga region with large-scale changes in territories water balance and ways to prevent their degradation]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova* [Bull. of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov], no. 8, pp. 64-71. (In Russian).
- 2 Bezdina S.Ya., 1986. *Optimal'nye parametry meliorativnogo rezhima pochv* [Optimum parameters of soil reclamation regime]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydrotechnics and Land Reclamation], no. 11, pp. 58-63. (In Russian).
- 3 Kireicheva L.V., Reshetkina N.M., 1997. *Kontseptsiya sozdaniya ustoychivyykh meliorativnykh agrolandshaftov* [The Concept of Creating Sustainable Land Reclamation Agrolandscapes]. RAAS, VNIIGIM, Moscow, 54 p. (In Russian).
- 4 Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., 2007. *Vliyanie orosheniya i sposobov obrabotki temno-kashtanovykh pochv na ikh agrofizicheskie svoystva i plodorodie* [Influence of irrigation and methods of cultivation of dark chestnut soils on their agro-physical properties and

fertility]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 2, pp. 31-32. (In Russian).

5 Patrina V.I., 1985. *Obrabotka pochv v oroshayemykh sevooborotakh Povolzh'ya* [Soil cultivation in irrigated crop rotation of Volga region]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 3, p. 28. (In Russian).

6 Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. Rome, FAO, 1983, 237 p. (In English).

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

8 Arinushkina E.V., 1970. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guide to Chemical Analysis of Soil]. 2nd ed. Moscow, Moscow State University Publ., 488 p. (In Russian).

9 Dospekhov B.A., 2010. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. 6th ed., reworked and revised. Moscow, Agropromizdat Publ., 352 p. (In Russian).

10 *Rekomendatsii po metodike provedeniya nablyudeniy i issledovaniy v polevom opyte* [Recommendations on Methods of Conducting Observations and Investigations in Field Experience]. Saratov, Privolzhskiy Publ., 1973, 223 p. (In Russian).

11 Romanova L.G., Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Lapshova A.G., 2015. *Kriterii otsenki komponentov agrolandshafta, obespechivayushchikh ekologicheskuyu ustoychivost' oroshayemoy territorii* [Criteria for assessing the components of the agricultural landscape that ensure the environmental sustainability of the irrigated area]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(57), pp. 180-185. (In Russian).

12 Prikhodko V.Ye., 1996. *Oroshayemye stepnye pochvy: funktsionirovanie, ekologiya, produktivnost'* [Irrigated steppe soils: functioning, ecology, productivity]. Moscow, Intellect Publ., 163 p. (In Russian).

13 Bondarev A.G., 1990. *Problema uplotneniya pochv sel'skokhozyaystvennoy tekhnikoy i puti yeye resheniya* [The problem of soil compaction by agricultural equipment and ways to solve it]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 5, pp. 31-37. (In Russian).

14 *Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and diagnosis of soils of the USSR]. Moscow, Kolos Publ., 1977, 223 p. (In Russian).

15 Hillel D., 1980. *Applications of Soil Physics*. Toronto, Academic Press, 162 p. (In English).

16 Serebrennikov F.V., Kravchuk A.V., Korsak V.V., Kurmangalieva D. A., 2017. *Uchet gidrofizicheskikh svoystv pochvy pri otsenke dinamiki vpityvaniya vody po modeli A. N. Kostyakova* [Consideration of hydrophysical properties of soil when assessing the dynamics of water absorption by A. N. Kostyakov]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], no. 11, pp. 40-47. (In Russian).

17 *Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv SSSR. Rayony Povolzh'ya* [Agrochemical Characteristics of Soils of the USSR. Areas of the Volga Region]. Moscow, Nauka Publ., 1966, 358 p. (In Russian).

18 Shein E.V., 2005. *Kurs fiziki pochv* [The Course of Soil Physics]. Moscow, Moscow State University Publ., 432 p. (In Russian).

19 *Rekomendatsii po opredeleniyu norm mineral'nykh udobreniy na zaplanirovanny urozhay pri oroshenii dlya Saratovskogo Zavolzh'ya* [Recommendations for the determination of mineral fertilizers norms for the planned crop yield during irrigation for Saratov Trans-Volga region]. VolzhNIIGiM. Saratov, 1980, 42 p. (In Russian).

20 Vasilyev V.A., Filippova N.V., 1988. *Spravochnik po organicheskim udobreniyam* [Reference book on organic fertilizers]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 255 p. (In Russian).

Шадских Владимир Александрович

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: главный научный сотрудник, заместитель директора по науке

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»

Адрес организации: ул. Гагарина, 1, г. Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru

Shadskikh Vladimir Aleksandrovich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Chief Researcher, Deputy Director for Science

Affiliation: Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation

Affiliation address: st. Gagarina, 1, Engels, Saratov region, Russian Federation, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru

Кижаяева Вера Евгеньевна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник отдела комплексной мелиорации и экологии

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»

Адрес организации: ул. Гагарина, 1, г. Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru

Kizhaeva Vera Evgenyevna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher of Department of Complex Melioration and Ecology

Affiliation: Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation

Affiliation address: st. Gagarina, 1, Engels, Saratov region, Russian Federation, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru

Романова Любовь Геннадьевна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник отдела комплексной мелиорации и экологии

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»

Адрес организации: ул. Гагарина, 1, г. Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru

Romanova Lyubov Gennadyevna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher of Department of Complex Melioration and Ecology

Affiliation: Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation

Affiliation address: st. Gagarina, 1, Engels, Saratov region, Russian Federation, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru

Рассказова Ольга Леонидовна

Должность: старший научный сотрудник отдела комплексной мелиорации и экологии

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 4(32), 2018 г., [166–183]

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»

Адрес организации: ул. Гагарина, 1, г. Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru

Rasskazova Olga Leonidovna

Position: Senior Researcher of Department of Complex Melioration and Ecology

Affiliation: Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation

Affiliation address: st. Gagarina, 1, Engels, Saratov region, Russian Federation, 413123

E-mail: volzniigim@bk.ru