

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67:631.582

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33

Комплексная оценка эффективности агротехнических мероприятий в типовом севообороте при орошении в Поволжье

Владимир Александрович Шадских¹, Вера Евгеньевна Кижаева²

^{1, 2}Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс,
Российская Федерация

¹shadskva@mail.ru

²ave.61@mail.ru

Аннотация. Цель: изучение эффективности применения агротехнических приемов землепользования на длительно орошаемых землях в типовом для Поволжского региона зернокарморовом севообороте. **Материалы и методы.** Полевые опыты по оценке эффективности агротехнических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур проводились в опытно-производственном хозяйстве Волжского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации на темно-каштановых среднесуглинистых длительно орошаемых почвах за ротацию типичного для Поволжья семипольного зернокарморового севооборота общей площадью 350 га. Расчеты эффективности произведены с использованием технологических карт возделывания каждой культуры севооборота, установленных норм выработки и расценок на технологические операции, а также калькуляции фактических затрат на проведение данных работ. **Результаты.** Комплексная оценка экономической эффективности агротехнических мероприятий за ротацию севооборота на длительно орошаемых землях показала, что агротехнические мероприятия оказали положительное влияние на продуктивность основных сельскохозяйственных культур. Наиболее рентабельным в изучаемом севообороте следует считать производство карморовых культур: карморовая смесь на силос (сорго + соя + суданская трава + подсолнечник) с чистым доходом с 1 га 76,9 тыс. руб., люцерна на зеленый карм и сено (73,9 и 73,2 тыс. руб./га соответственно). В группе зерновых и зернобобовых наиболее выгодной карморовой культурой является соя, чистый доход от производства которой составил 23,3 тыс. руб./га. **Выводы.** Итоговая комплексная оценка возделывания сельскохозяйственных культур в зернокарморовом севообороте при длительно орошении подтвердила высокую эффективность применения оптимального сочетания агротехнических мероприятий для поддержания почвенного плодородия и продуктивности севооборота.

Ключевые слова: длительно орошение, темно-каштановые почвы, плодородие, севооборот, агротехнические мероприятия, эффективность

Для цитирования: Шадских В. А., Кижаева В. Е. Комплексная оценка эффективности агротехнических мероприятий в типовом севообороте при орошении в Поволжье // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 20–33. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Comprehensive assessment of the agrotechnical measures efficiency in a typical crop rotation for irrigation in Volga region

Vladimir A. Shadskikh¹, Vera E. Kizhaeva²

^{1, 2}Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels,
Russian Federation

¹shadskva@mail.ru

²ave.61@mail.ru

Abstract. Purpose: to study the efficiency of land use agrotechnical methods application on long-term irrigated lands in a grain-forage crop rotation typical for Volga region. **Materials and methods.** Field experiments to assess the efficiency of agrotechnical measures in agricultural crops cultivation were carried out in the pilot production plant of Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation on dark chestnut medium loamy long-term irrigated soils for a seven-field grain fodder crop rotation typical for Volga region with a total area of 350 hectares. Efficiency calculations were made using technological maps of cultivation of each crop of the crop rotation, established production rates and prices for technological operations, as well as calculating the actual costs of carrying out these works. **Results.** A comprehensive assessment of the economic efficiency of agrotechnical measures for crop rotation on long-term irrigated lands showed that agrotechnical measures had a positive impact on productivity of main agricultural crops. The most profitable in the studied crop rotation should be considered the production of fodder crops: fodder mixture for silage (sorghum + soybean + sudanese grass + sunflower) with a net income of 76.9 thousand rubles per 1 ha, alfalfa for green fodder and hay (73.9 and 73.2 thousand rubles/ha, respectively). In the group of cereals and legumes, the most profitable commercial crop is soybean, the net income from the production of which amounted to 23.3 thousand rubles/ha. **Conclusions.** The final comprehensive assessment of the cultivation of agricultural crops in a grain-fodder crop rotation with long-term irrigation confirmed the high efficiency of using the optimal combination of agrotechnical measures to maintain soil fertility and crop rotation productivity.

Keywords: long-term irrigation, dark chestnut soils, fertility, crop rotation, agrotechnical measures, efficiency

For citation: Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E. Comprehensive assessment of the agrotechnical measures efficiency in a typical crop rotation for irrigation in Volga region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(2):20–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-20-33>.

Введение. Крупномасштабная ирригация при нарушении технологии орошения и без применения специальных мелиоративных мероприятий часто сопровождается ухудшением экологической обстановки территории. Это объясняется отсутствием ландшафтного подхода при проектировании и эксплуатации объектов мелиорации, а также низкой культурой земледелия. Отмечается нарастание ряда негативных процессов на мелиорированных землях. Возросли площади неиспользуемых земель по причине засоления и заболачивания. Почти не снижаются площади с залеганием грунтовых вод менее 1 м и с минерализацией их более 3 г/л, а также сильно засоленных и сильно солонцеватых почв. Имеет место снижение продуктив-

ности сельскохозяйственных культур, их несоответствие проектной урожайности [1, 2].

Оптимизация орошаемого агроландшафта должна быть направлена не только на получение запланированного урожая сельскохозяйственных культур, но и на поддержание и воспроизводство почвенного плодородия длительно орошаемых почв. При рациональном использовании почв, применении высокой агротехники, энергосберегающих технологий и мелиоративных приемов почвенное плодородие не только не снижается, но может и увеличиваться [3].

Особое предпочтение должно отдаваться биологическим методам восстановления и последующего повышения плодородия почвы. Однако они могут быть эффективными только в сочетании с агротехническими и инженерными приемами улучшения мелиоративного состояния агроландшафтов [3, 4].

Таким образом, согласно прогнозу на длительно орошаемых почвах Поволжья, следует предусматривать следующие агротехнические мероприятия: оптимизацию севооборотов, дифференцированное орошение с учетом мелиоративного состояния территории, использование рациональных доз минеральных удобрений, разноглубинное рыхление для разуплотнения почв, мероприятия по накоплению гумуса [5–7].

Интересы интенсивного земледелия выдвигают на первый план роль севооборота, как фактора воспроизводства органического вещества почвы. Севооборот должен способствовать сохранению и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и прилегающей территории [8, 9].

На орошаемых землях сухостепной зоны Поволжья базовыми культурами интенсивных севооборотов признаны люцерна, сорго, соя и суданская трава. По данным исследований, в севооборотах необходимо иметь не менее трех полей люцерны. Заслуживает внимания производство кормосмесей, особенно многокомпонентных, отличающихся высокой продук-

тивностью и сбалансированностью корма по протеину, что немаловажно для увеличения продукции животноводства.

Научно обоснованные системы земледелия с учетом технических возможностей оросительных систем предусматривают в структуре площадей отведение под кормовые культуры не менее 65 % пашни. Севообороты должны быть мобильными, т. е. при изменении конъюнктуры рынка должна быть возможность заменять входящие в него культуры без ущерба общей продуктивности севооборотной площади и почвенному плодородию [5].

Эффективность аграрного производства в рамках обеспечения продовольственной безопасности возможно оценить посредством стоимостных и трудовых показателей [10, 11].

Цель исследований – изучение эффективности применения агротехнических приемов землепользования на длительно орошаемых землях в типовой для Поволжского региона зернокармликовом севообороте.

Материалы и методы. Полевые опыты по оценке эффективности агротехнических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур проводились в ОПХ «ВолжНИИГиМ» на темно-каштановых среднесуглинистых орошаемых почвах за ротацию (2015–2021 гг.) типичного для Поволжья семипольного зернокармликового севооборота общей площадью 350 га (площадь под каждой культурой 50 га): поле 1 – вика + овес на зеленый корм + люцерна под покров; поле 2 – люцерна на зеленый корм; поле 3 – люцерна на сено; поле 4 – кормосмесь на силос (сорго + соя + суданская трава + подсолнечник); поле 5 – ячмень на зерно; поле 6 – озимая пшеница на зерно; поле 7 – соя.

Агротехнологические операции и используемые при их проведении агрегаты приведены в таблице 1.

Система включала экспериментальные методы – полевые и лабораторные исследования. Агротехника культур в орошаемом севообороте традиционная для природно-климатической зоны Поволжья. Основные и со-

путствующие наблюдения и обработку полученных результатов осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками [12–14].

Таблица 1 – Агротехнические операции и агрегаты, используемые для возделывания сельхозкультур севооборота

Table 1 – Agrotechnical operations and units used for the crop cultivation of crop rotation

Агротехнологическая операция	Агрегат
1 Дискование стерни	БТЗ-260 или МТЗ-1221 с БДТ-3 без катка
2 Вспашка зяби	БТЗ-260 или МТЗ-1221 с ППН-5-35
3 Плоскорезная обработка	БТЗ-260 или МТЗ-1221 с КПШ-5
4 Внесение удобрений	МТЗ-82 с РУМ-6
5 Протравливание семян	ПС-10
6 Боронование зяби, трав озимых в два следа	БТЗ-260, Т-150, МТЗ-1221 и сцепка борон БЗТ-1.0
7 Культивация	МТЗ-1221 или БТЗ-260 с КПГ-5
8 Сев	МТЗ-82 с СЗ-5,4 или СЗТ-5,4 (травяная)
9 Прикатывание	МТЗ-82 сцепка катков ККШ-6
10 Внесение гербицидов	МТЗ-82 с ОПШ-15
11 Полив	ДМ «Фрегат»
12 Косьба трав в валок на сенаж	СК «Енисей» с жаткой ЖВН-6
13 Косьба трав на сено	МТЗ-82 с косилкой-плющилкой КП-4,2
14 Косьба трав на зеленый корм	МТЗ-82 с «Клевер-1,5» или МТЗ-1221 с КПКУ-75 «Полесье»
15 Косьба кормосмесей на силос	БТЗ-260 с КПКУ-75 «Полесье»
16 Уборка трав на сено	МТЗ-82 с ПТ-45Ф
17 Уборка зерновых и зернобобовых культур	Зерноуборочный комбайн «Вектор-460»

Для расчетов эффективности использовались технологические карты по возделыванию каждой культуры севооборота, установленные нормы выработки и расценки на технологические операции, а также калькуляции фактических затрат на проведение данных работ на орошаемых площадях ОПХ «ВолжНИИГиМ» и других хозяйств Поволжского региона.

Результаты и обсуждение. Корректировка комплекса агротехнических мероприятий по поддержанию плодородия длительно орошаемых земель позволяет установить для каждого типа почв набор технологических операций с учетом оценки агропроизводительной способности почв для возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте [15, 16].

Показан пример подбора комплекса агротехнических мероприятий,

способствующих поддержанию оптимального эколого-мелиоративного состояния почвы.

Установлено, что при длительном орошении происходит уплотнение пахотного горизонта. Для предотвращения этого процесса необходимо использовать агротехнические операции, обеспечивающие разуплотнение почвы. Обоснованы специальные агротехнические приемы, исключаящие эрозионные процессы – разноглубинные обработки почвы, придающие поверхности пашни устойчивую к эрозии поверхность, экологически безопасные досточковые поливные нормы в зависимости от гранулометрического состава и мелиоративного состояния почвы [17].

На поле 1 при возделывании сельскохозяйственных культур вика + овес на зеленый корм + люцерна под покров проводились следующие агротехнологические операции: осенью после уборки предшественников и внесения удобрений зяблевая вспашка агрегатом в составе трактора БТЗ-260 + плуг ПЛН-5-35, покровное боронование весной МТЗ-1221 со сцепкой СУ-11 + бороны БЗС-1.0, предпосевная культивация МТЗ-1221 с КПП-5, посев МТЗ-82 с СЗТ-5,4, прикатывание кольчатыми катками МТЗ-82 сцепка ККШ-6. Уборка зеленой массы проведена с помощью БТЗ-260 с КПКУ-75 «Полесье».

Вегетационные поливы осуществлялись ДМ «Фрегат» дифференцированно с учетом влажности почвы. Проведено три полива нормой 350 м³/га.

Затраты на производство продукции при возделывании вика + овса на зеленый корм + люцерны под покров (поле 1) представлены в таблице 2.

Валовой сбор продукции с поля 1 получен в объеме 1550 т, урожайность – 31 т/га при материально-технических затратах 1205,2 тыс. руб. Себестоимость 1 т продукции составила 0,8 тыс. руб. При цене реализации 2 тыс. руб./т получен чистый доход в объеме 37,9 тыс. руб./га, рентабельность составила 157,3 %.

Таблица 2 – Затраты на технологические процессы возделывания: вика + овес на зеленый корм + люцерна под покров (поле 1, S = 50 га)

Table 2 – Costs for technological processes of cultivation: vetch + oats for green fodder + alfalfa under a cover (field 1, S = 50 ha)

Технологическая операция	Марка агрегата	Затраты, тыс. руб. (в числителе всего, в знаменателе на 1 га)									
		Оплата труда с начислениями	Материальные						Прочие расходы	Накладные расходы	Итого затрат
			Семена	Гербициды	Удобрения	Поливы	ГСМ	Амортизация			
Зяблевая вспашка после уборки предшественников (осень)	БТЗ-260	<u>38,7</u> 0,774	–	–	–	–	<u>85,2</u> 1,704	<u>46,4</u> 0,928	<u>17,0</u> 0,340	<u>9,7</u> 0,194	<u>197,0</u> 3,940
Внесение удобрений (осень)	БТЗ-260	<u>23,2</u> 0,464	–	<u>5,0</u> 0,100	–	–	<u>49,4</u> 0,988	<u>27,8</u> 0,556	<u>10,5</u> 0,210	<u>5,8</u> 0,116	<u>121,7</u> 2,434
Покровное боронование (весна)	МТЗ-1221 сцепка борон БЗС-1.0	<u>9,1</u> 0,182	–	–	–	–	<u>20,0</u> 0,400	<u>10,9</u> 0,218	<u>4,0</u> 0,080	<u>2,3</u> 0,046	<u>46,3</u> 0,926
Предпосевная культивация	МТЗ-1221 с КППГ-5	<u>16,3</u> 0,326	–	–	–	–	<u>35,9</u> 0,718	<u>19,6</u> 0,392	<u>7,2</u> 0,144	<u>4,1</u> 0,082	<u>83,1</u> 1,662
Посев люцерны	МТЗ-82 с СЗТ-5,4	<u>28,8</u> 0,576	<u>160,0</u> 3,200	–	–	–	<u>63,4</u> 1,268	<u>34,6</u> 0,692	<u>28,7</u> 0,574	<u>7,2</u> 0,144	<u>322,7</u> 6,654
Прикатывание кольчатыми катками	МТЗ-82 сцепка ККШ-6	<u>15,6</u> 0,312	–	–	–	–	<u>34,3</u> 0,686	<u>18,7</u> 0,374	<u>6,9</u> 0,138	<u>3,9</u> 0,078	<u>79,4</u> 1,588
Вегетационные поливы (3 полива нормой 350 м³/га)	ДМ «Фрегат»	<u>99,2</u> 1,984	–	–	–	<u>105,0</u> 2,100	–	<u>39,7</u> 0,794	<u>24,4</u> 0,488	<u>24,8</u> 0,496	<u>293,1</u> 5,862
Уборка	БТЗ-260 с КПКУ-75 «Полесье»	<u>12,2</u> 0,244					26,8 0,536	14,6 0,292	5,4 0,108	3,1 0,062	<u>62,0</u> 1,240
Итого		<u>243,1</u> 4,862	<u>160,0</u> 3,200	<u>5,0</u> 0,100	–	<u>105,0</u> 2,100	<u>315,0</u> 6,300	<u>212,3</u> 4,246	<u>104,0</u> 2,08	<u>60,8</u> 1,216	<u>1205,2</u> 24,104

Оценка эффективности агротехнических мероприятий, применяемых при возделывании зерновых культур, показана на примере выращивания сои на поле 7 севооборота (таблица 3).

Анализ показывает, что соя – одна из экономически выгодных перспективных культур для возделывания на орошении в Поволжье.

В условиях соблюдения предложенных технологических операций с площади 50 га получено 125 т зерна, урожайность – 2,5 т/га. При цене реализации 40 тыс. руб./т выручка составила 5 млн руб., что с учетом себестоимости производства 1 т 24,6 тыс. руб. обеспечило получение чистого дохода в размере 38,5 тыс. руб./га. Рентабельность составила 62,6 %.

Соя – не только коммерческая, но и стратегически важная культура, используемая в пищевой и перерабатывающей промышленности, поэтому целесообразно расширение ее посевных площадей в условиях Поволжья на орошении.

Аналогичным образом проведена оценка агротехнических мероприятий по остальным полям и культурам севооборота.

Итоговая комплексная оценка эффективности агротехнических мероприятий при возделывании основных сельскохозяйственных культур за ротацию севооборота 2015–2021 гг. приведена в таблице 4.

По данным таблицы 4 видно, что затраты по севообороту в целом сложились в размере 12853,2 тыс. руб. Получена выручка от реализации 26327,5 тыс. руб. В результате хозяйству обеспечен чистый доход 13474,3 тыс. руб., что в расчете на 1 га севооборотной площади составило 38,5 тыс. руб.

Таким образом, результаты полевых и лабораторных экспериментов показали, что применение оптимального сочетания агротехнических мероприятий при возделывании сельскохозяйственных культур в севообороте обеспечило рентабельность производства в объеме 104,8 %.

Таблица 3 – Затраты на технологические процессы возделывания сои на зерно (поле 7, S = 50 га)

Table 3 – Costs for technological processes of soybean cultivation for grain (field 7, S = 50 ha)

Технологическая операция	Марка агрегата	Затраты, тыс. руб. (в числителе всего, в знаменателе на 1 га)									
		Оплата труда с начислениями	Материальные						Прочие расходы	Накладные расходы	Всего затрат
			Семена	Гербициды	Удобрения	Поливы	ГСМ	Амортизация			
Весеннее боронование в два следа	МТЗ-1221 сцепка борон БЗС-1.0	<u>35,0</u> 0,700	–	–	–	–	<u>16,0</u> 0,320	<u>9,3</u> 0,186	<u>6,0</u> 0,120	<u>8,8</u> 0,176	<u>75,1</u> 1,502
Внесение почвенного гербицида	МТЗ-82 с ОПШ-15	<u>75,0</u> 1,500	–	<u>300,0</u> 6,000	–	–	<u>36,2</u> 0,724	<u>39,2</u> 0,784	<u>45,0</u> 0,900	<u>18,8</u> 0,376	<u>514,2</u> 10,284
Предпосевная культивация	МТЗ-1221 с КПГ-5	<u>55,0</u> 1,100	–	–	–	–	<u>26,4</u> 0,528	<u>11,9</u> 0,238	<u>9,3</u> 0,186	<u>13,8</u> 0,276	<u>116,4</u> 2,328
Предпосевной полив	ДМ «Фрегат»	<u>160,0</u> 3,200	–	–	–	<u>87,5</u> 1,750	–	<u>13,2</u> 0,264	<u>26,1</u> 0,522	<u>40,0</u> 0,800	<u>326,8</u> 6,536
Посев	МТЗ-82 с СЗТ-5,4	<u>93,0</u> 1,860	<u>150,0</u> 3,000	–	–	–	<u>45,1</u> 0,902	<u>16,4</u> 0,328	<u>30,5</u> 0,610	<u>23,3</u> 0,466	<u>358,2</u> 7,164
Прикатывание	МТЗ-82 с ККШ-6	<u>50,0</u> 1,000	–	–	–	–	<u>24,3</u> 0,486	<u>11,6</u> 0,232	<u>8,6</u> 0,172	<u>12,5</u> 0,250	<u>107,0</u> 2,140
Внесение подкормок	МТЗ-82 с РУМ-6	<u>75,0</u> 1,500	–	–	–	–	<u>36,2</u> 0,724	<u>12,0</u> 0,240	<u>20,3</u> 0,406	<u>18,8</u> 0,376	<u>242,3</u> 4,846
Вегетационные поливы (3 полива нормой 450 м³/га)	ДМ «Фрегат»	<u>460,0</u> 9,200	–	–	–	<u>262,5</u> 5,250	–	<u>39,6</u> 0,792	<u>76,2</u> 1,524	<u>115,0</u> 2,300	<u>953,3</u> 19,066
Уборка	Зерноуборочный комбайн «Вектор-460»	<u>160,0</u> 3,200	–	–	–	–	<u>115,8</u> 2,316	<u>30,5</u> 0,610	<u>36,6</u> 0,732	<u>40,0</u> 0,800	<u>382,9</u> 7,658
Итого		<u>1163,0</u> 23,260	<u>150,0</u> 3,000	<u>300,0</u> 6,000	<u>80,0</u> 1,600	<u>350,0</u> 7,000	<u>300,0</u> 6,000	<u>183,7</u> 3,675	<u>258,7</u> 5,174	<u>290,8</u> 5,816	<u>3076,1</u> 61,522

Таблица 4 – Комплексная оценка экономической эффективности агротехнических мероприятий в севообороте
Table 4 – Comprehensive assessment of the economic efficiency of agrotechnical measures in crop rotation

Показатель	Ротация севооборота							Итого по севообороту
	поле 1 – вика + овес на зеленый корм + люцерна под покров	поле 2 – люцерна на зеленый корм	поле 3 – люцерна на сено	поле 4 – кормосмесь на силос (сорго + соя + суданская трава + подсолнечник)	поле 5 – ячмень на зерно	поле 6 – озимая пшеница на зерно	поле 7 – соя	
Площадь, га	50	50	50	50	50	50	50	350
Валовой сбор, т	1550	2250	480	2250	200	225	125	x
Урожайность, т/га	31	45	10	45	4	5	2,5	x
Затраты, тыс. руб., всего	1205,2	805,7	1139,6	1780,3	1890,1	2956,2	3076,1	12853,2
в т. ч.:								
- оплата труда с начислениями	243,1	229,3	346,3	627,2	796,9	1250,0	1163,0	4655,8
- семена	160,0	–	–	70,0	70,0	205,9	150,0	655,9
- гербициды, химические средства	5,0	–	–	–	25,0	100,0	300,0	430,0
- удобрения	–	50,0	100,0	80,0	–	139,1	80,0	449,1
- поливы	105,0	250,0	350,0	150,0	110,0	165,0	350,0	1480,0
- ГСМ	315,0	60,0	70,0	330,4	330,4	315,8	300,0	1721,6
- амортизация	212,3	91,0	91,0	218,3	204,9	227,6	183,7	1228,8
- прочие расходы	104,0	68,0	95,7	147,6	153,7	240,3	258,7	1068,1
- накладные расходы	60,8	57,3	86,6	156,8	199,2	312,5	290,8	1164,0
Себестоимость, тыс. руб./га	24,1	16,1	22,8	35,6	37,8	59,1	61,5	x
Себестоимость, тыс. руб./т	0,8	0,4	2,4	0,8	9,5	13,1	24,6	x
Цена реализации, тыс. руб./т	2,0	1,7	7,0	2,5	11,0	14,3	40,0	x
Выручка от реализации, тыс. руб.	3100,0	3825,0	3360,0	5625,0	2200,0	3217,5	5000,0	26327,5
Чистый доход, тыс. руб., всего	1894,8	3019,3	2220,4	3844,7	309,9	261,3	1923,9	13474,3
в т. ч. на 1 га	37,9	60,4	44,4	76,9	6,2	5,2	38,5	38,5
Рентабельность, %	157,2	374,7	194,8	216,0	16,4	8,8	62,6	104,8

Выводы. Применение оптимального сочетания агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур в типовом севообороте в Поволжье при длительном орошении направлено на поддержание почвенного плодородия и на повышение урожайности. Исходя из полученных данных итоговой комплексной оценки экономической эффективности агротехнических мероприятий за ротацию севооборота на длительно орошаемых землях, можно сделать вывод о том, что проведенные агротехнические мероприятия оказали положительное влияние на продуктивность основных сельскохозяйственных культур при орошении. Наиболее продуктивными культурами данного севооборота являются кормовые культуры: кормосмесь на силос (сорго + соя + суданская трава + подсолнечник), где чистый доход с 1 га составил 76,9 тыс. руб.; люцерна на зеленый корм – 60,4 тыс. руб./га; люцерна на сено – 44,4 тыс. руб./га.

По группе зерновых и зернобобовых культур установлено, что наиболее рентабельным является производство сои, чистый доход здесь составил 38,5 тыс. руб./га.

Список источников

1. Демин А. П. Состояние орошаемых земель и эффективность их использования в регионах России // Мелиорация и водное хозяйство. 2003. № 5. С. 51–55.
2. Экономико-математическое моделирование и обоснование рационального землепользования в агроландшафтах юга / А. Ф. Рогачев, А. В. Медведев, Л. Н. Медведева, С. В. Куприянова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 186–208. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=937> (дата обращения: 10.01.2022).
3. Шадских В. А., Романова Л. Г., Кижяева В. Е. Основные принципы оптимизации экологической ситуации орошаемых агроландшафтов степной и сухостепной зон Поволжья // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 6. С. 17–20.
4. Голушов П. В., Малышев А. В. Естественное воспроизводство почв в агроландшафтах: преимущества и ограничения // Актуальные проблемы устойчивого развития агроэкосистем (почвенные, экологические, биоценотические аспекты): материалы Всерос. с междунар. участием науч. конф., посвящ. 60-летию лаб. агроэкологии Никит. ботан. сада. 2019. С. 119–221.
5. Рекомендации по использованию комплекса агромелиоративных приемов, обеспечивающих стабилизацию почвенного плодородия, повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и экономное расходование материальных ресурсов на орошаемых землях Поволжья / В. А. Шадских, Л. Г. Романова, В. Е. Кижяева, О. Л. Расказова, Т. А. Панченко. Саратов, 2020. 54 с.

6. Influence of surface soil moisture on spectral reflectance of bare soil in the 0.4 – 15 μM domain / A. Lesaignoux, S. Fabre, X. Briotter, A. Oliosio // *Geosciences and Remote Sensing Letters*. 2011. Vol. 8, № 1. P. 143–147.

7. Влияние режима орошения на содержание гумуса в почве / Л. Г. Романова, В. Е. Кижаяева, В. О. Пешкова, О. Л. Рассказова // *Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель: материалы междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «ВНИИМЗ», г. Тверь, 27 сент. 2017 г. С. 253–258.*

8. Энергетическая и эколого-экономическая эффективность севооборотов на орошении / Р. А. Вожегова, Н. П. Малярчук, А. С. Малярчук, В. А. Найденова // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2014. № 5. С. 42–45.

9. Мелихова Н. П., Онистратенко Н. В. Научно обоснованный севооборот – важный фактор стабилизации плодородия почвы и продуктивности орошаемой пашни // *Орошаемое земледелие*. 2015. № 1. С. 9–10.

10. Rogachev A., Mazaeva T., Egorova E. Economic mechanisms for managing food security in the system “Production-Consumption-Import” // *Asian Social Science*. 2015. Vol. 11, № 20. P. 185–192. DOI: 10.5539/ass.v11n20p185.

11. Урунбоев А., Урунбаева Н. А., Файзулов Х. П. Экономическая эффективность управления устойчивого водопользования в условиях орошаемого земледелия // *Финансово-экономический вестник*. 2021. № 1(25). С. 94–100.

12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. Изд. 6-е. М.: Альянс, 2011. 350 с.

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

14. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1972. 292 с.

15. Мелихова Е. В., Рогачев А. Ф. Моделирование и оптимизация распределения ресурсов при внедрении технологических инноваций в орошаемом земледелии // *Modern Economy Success*. 2018. № 4. С. 113–119.

16. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river / V. Korsak, N. Pronko, O. Karpova, V. Shadskikh, V. Kizhaeva // *Advances in Dynamical Systems and Applications*. 2021. Vol. 16, № 1. P. 121–132.

17. Шадских В. А., Кижаяева В. Е., Рассказова О. Л. Оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур для различных зон Саратовской области // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2019. № 6. С. 4–9.

References

1. Demin A.P., 2003. *Sostoyanie oroshayemykh zemel' i effektivnost' ikh ispol'zovaniya v regionakh Rossii* [The state of irrigated lands and the efficiency of their use in the regions of Russia]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 5, pp. 51-55. (In Russian).

2. Rogachev A.F., Medvedev A.V., Medvedev L.N., Kupriyanova S.V., 2018. [Economic and mathematical modeling and substantiation of sustainable land use in agrolandscapes of the south]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(30), pp. 186-208, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=937> [accessed 10.01.2022]. (In Russian).

3. Shadskikh V.A., Romanova L.G., Kizhaeva V.E., 2017. *Osnovnye printsipy optimizatsii ekologicheskoy situatsii oroshaemykh agrolandshaftov stepnoy i sukhostepnoy zon Povolzh'ya* [Basic principles of optimizing the ecological situation of irrigated agrolandscapes in the steppe and dry steppe zones of the Volga region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 17-20. (In Russian).

4. Goleusov P.V., Malyshev A.V., 2019. *Estestvennoe vosproizvodstvo pochv v agro-landshaftakh: preimushchestva i ogranicheniya* [Natural reproduction of soils in agro-landscapes: advantages and limitations]. *Aktual'nye problemy ustoychivogo razvitiya agroekosistem (pochvennye, ekologicheskie, biotsenoticheskie aspekty): materialy Vseros. s mezhdunar. uchastiem nauchnoy konferentsii, posvyashch. 60-letiyu lab. agroekologii Nikit. botan. sada* [Actual Problems of Sustainable Development of Agro-ecosystems (Soil, Ecological, Biocenotic aspects): Proc. of the All-Russian Scientific Conference with International Participation Dedicated to the 60th Anniversary of the Laboratory of Agroecology of Nikitsky Botanical Gardens], pp. 119-221. (In Russian).
5. Shadskikh V.A., Romanova L.G., Kizhaeva V.E., Rasskazova O.L., Panchenko T.A., 2020. *Rekomendatsii po ispol'zovaniyu kompleksa agromeliorativnykh priemov, obespechivayushchikh stabilizatsiyu pochvennogo plodorodiya, povyshenie produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i ekonomnoe raskhodovanie material'nykh resursov na oroshaemykh zemlyakh Povolzh'ya* [Recommendations on the Use of a Complex of Agro-reclamation Methods that Ensure the Stabilization of Soil Fertility, Increasing the Productivity of Agricultural Crops and the Economical Use of Material Resources on Irrigated Lands of the Volga Region]. Saratov, 54 p. (In Russian).
6. Lesaignoux A., Fabre S., Briotter X., Oliso A., 2011. Influence of surface soil moisture on spectral reflectance of bare soil in the 0.4 – 15 μ M domain. *Geosciences and Remote Sensing Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 143-147.
7. Romanova L.G., Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., Rasskazova O.L., 2017. *Vliyaniye rezhima orosheniya na sodержaniye gumusa v pochve* [Effect of irrigation regime on the content of humus in the soil]. *Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya – osnova effektivnogo ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel': materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Adaptive-landscape Systems of Agriculture – the Basis for the Effective Use of Reclaimed Lands: Proc. of International Scientific-Practical Conference]. Tver, pp. 253-258. (In Russian).
8. Vozhegova R.A., Malyarchuk N.P., Malyarchuk A.S., Naydenova V.A., 2014. *Energeticheskaya i ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' sevooborotov na oroshenii* [Energy, ecological and economic efficiency of crop rotations for irrigation]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural Machines and Technologies], no. 5, pp. 42-45. (In Russian).
9. Melikhova N.P., Onistratenko N.V., 2015. *Nauchno obosnovannyi sevooborot – vazhnyy faktor stabilizatsii plodorodiya pochvy i produktivnosti oroshaemoy pashni* [Science-based crop rotation is an important factor in stabilizing soil fertility and productivity of irrigated arable land]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 1, pp. 9-10. (In Russian).
10. Rogachev A., Mazaeva T., Egorova E., 2015. Economic mechanisms for managing food security in the system “Production-Consumption-Import”. *Asian Social Science*, vol. 11, no. 20, pp. 185-192, DOI: 10.5539/ass.v11n20p185.
11. Urunboev A., Urunbaeva N.A., Faizuloev Kh.P., 2021. *Ekonomicheskaya effektivnost' upravleniya ustoychivogo vodopol'zovaniya v usloviyakh oroshayemogo zemledeliya* [Economic efficiency of sustainable water use management in irrigated agriculture]. *Finansovo-ekonomicheskii vestnik* [Financial and Economic Bulletin], no. 1(25), pp. 94-100. (In Russian).
12. Dospekhov B.A., 2011. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik* [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook]. 6th ed., Moscow, Alliance Publ., 350 p. (In Russian).
13. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for Studying the Soil Physical Properties]. Moscow, Agropromizdat Publ., 416 p. (In Russian).
14. Dmitriev E.A., 1972. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii* [Mathematical Statistics in Soil Science]. Moscow, Publishing House of Moscow State University, 292 p. (In Russian).

15. Melikhova E.V., Rogachev A.F., 2018. *Modelirovanie i optimizatsiya raspredeleniya resursov pri vnedrenii tekhnologicheskikh innovatsiy v oroshaemom zemledelii* [Modeling and optimization of resource distribution in the implementation of technological innovations in irrigated agriculture]. Modern Economy Success, no. 4, pp. 113-119. (In Russian).

16. Korsak V., Pronko N., Karpova O., Shadskikh V., Kizhaeva V., 2021. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river. Advances in Dynamical Systems and Applications, vol. 16, no. 1, pp. 121-132.

17. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Rasskazova O.L., 2019. *Optimizatsiya rezhima orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur dlya razlichnykh zon Saratovskoy oblasti* [Optimization of the irrigation regime of agricultural crops for various zones of the Saratov region]. Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 4-9. (In Russian).

Информация об авторах

В. А. Шадских – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

В. Е. Кизжаева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about authors

V. A. Shadskikh – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

V. E. Kizhaeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

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 25.01.2022; одобрена после рецензирования 09.03.2022; принята к публикации 22.03.2022.

The article was submitted 25.01.2022; approved after reviewing 09.03.2022; accepted for publication 22.03.2022.