

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 338.43:631.4:631.8

Экономическая эффективность комплексных мелиораций почв рисовых оросительных систем

Алексей Александрович Бабенко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, al.al.al.1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

Аннотация. **Цель:** изучение влияния комплексных мелиораций (химической мелиорации на фоне глубокого рыхления почвы и промывок) на повышение урожайности сои и риса, возделываемых на рисовых оросительных системах, и расчет экономической эффективности их применения. **Материалы и методы.** Исследование проводилось в 2023–2025 гг. на рисовых чеках Центральной орошаемой зоны Ростовской области. Анализы почвенных образцов выполнялись в эколого-аналитической лаборатории Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации (РосНИИПМ) по общепринятым методикам. Для изучения эффекта от изменения состояния почв рисовых чеков были проведены измерения урожайности сои в первый год последствий комплексных мелиораций и риса – во второй год. Высевали сорт сои СК Оптима и рис сорта Боярин. Система удобрений, обработка почвы и режим орошения возделываемых культур осуществлялись согласно зональным системам земледелия. **Результаты.** Прибавка урожайности сои в незасоленных почвах составила от 81 до 235 % и риса от 18 до 62 %. Внесение мелиорантов на сильно гипсоносных почвах (более 20 %) не принесло существенной прибавки урожайности сои и риса. Наиболее экономически эффективными при проведении комплексных мелиораций являются варианты с применением фосфогипса и электролита травления стали по отдельности. **Выводы.** Прибыль при возделывании сои и риса от применения комплексных мелиораций наблюдалась во всех вариантах опыта. Срок окупаемости затрат по вариантам исследований составляет один год. В сильно гипсоносных почвах проведение комплексных мелиораций является экономически неэффективным из-за больших капитальных затрат и незначительных прибавок урожая сои и риса.

Ключевые слова: комплексные мелиорации, рисовые оросительные системы, почвенное плодородие, деградация почв, экономическая эффективность

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 18 февраля 2026 г.).

Для цитирования: Бабенко А. А. Экономическая эффективность комплексных мелиораций почв рисовых оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 290–305.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

Economic efficiency of integrated soil reclamation in rice irrigation systems

Alexey A. Babenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, al.al.al.1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

Abstract. Purpose: to study the impact of integrated reclamation (chemical reclamation against the background of subsoiling and leaching) on increasing the yield of soybeans and rice cultivated in rice irrigation systems and to calculate the economic efficiency of their application. **Materials and methods.** The study was conducted in 2023–2025 in rice paddies of the Central Irrigated Zone of the Rostov Region. Soil samples were analyzed in the environmental analytical laboratory of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems using standard methods. To study the effect of changes in the soil condition of rice paddies, the yield of soybeans was measured in the first year after the effect of complex reclamation and that of rice in the second year. The soybean variety SK Optima and rice variety Boyarin were sown. The fertilization, soil cultivation and irrigation regime of the cultivated crops were carried out according to zonal farming systems. **Results.** Soybean yield increases in non-saline soils ranged from 81 to 235 %, and rice yields increased by 18 to 62 %. The ameliorant application to highly gypsum-rich soils (over 20 %) did not significantly increase soybean or rice yields. The most cost-effective approaches for integrated reclamation were those using phosphogypsum and steel etching electrolyte separately. **Conclusions.** Profits from integrated reclamation were observed in all experimental options for soybean and rice cultivation. The payback period for all study options was one year. In highly gypsum-rich soils, integrated reclamation is economically ineffective due to high capital costs and insignificant increases in soybean and rice yields.

Keywords: integrated reclamation, rice irrigation systems, soil fertility, soil degradation, economic efficiency

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the International scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 18, 2026).

For citation: Babenko A. A. Economic efficiency of integrated soil reclamation in rice irrigation systems. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;98(1):290–305. (In Russ.).

Введение. Рост процессов деградации почв (засоление, окисление, заболачивание, уплотнение, опустынивание, разные виды эрозий) приводит к ухудшению почвенного плодородия и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Различные виды деградаций приводят к уменьшению валового сбора сельскохозяйственной продукции и отрицательно влияют на экономические показатели в сельскохозяйственном производстве [1, 2].

В России, по данным государственного учета земель, по состоянию на конец 2023 г. 371,6 млн га сельскохозяйственных угодий, из которых 122,6 млн га – пашня, засолению и осолонцеванию подвержены 16,3 и

22,9 млн га соответственно¹. Засоление и осолонцевание на территории Ростовской области наблюдается на 29 % площади сельскохозяйственных угодий². За последнее время отмечается динамика роста таких площадей, связанная с несоблюдением научно-обоснованных режимов орошения, изношенности техники для полива и оросительных систем, а также использование в качестве орошения сильноминерализованной воды³ [3, 4].

Наиболее сильно эти деградационные процессы проявляются на территориях, отводимых под рисовые оросительные системы, которые являются засоленными или подвержены осолонцеванию из-за природных или антропогенных факторов. В них отмечается неблагоприятное влияние длительного поверхностного затопления на почвообразовательные процессы и снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий. Кроме этого, в последние годы расширен ареал гипсоносных почв, требующих особого подхода к их использованию. В таких почвах ухудшаются водно-физические, физико-химические и агрохимические свойства почв, что отражается на урожайности сельскохозяйственных культур. Для РФ эта проблема особенно актуальна исходя из доктрины продовольственной безопасности⁴ [4–7].

Поэтому перед учеными и работниками сельскохозяйственной отрасли стоят задачи поиска различных путей повышения плодородия почвы и способов борьбы с различными деградациями почвы сельскохозяйственных земель.

¹Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2017/ (дата обращения: 23.10.2024).

²Официальный портал Правительства Ростовской области. Сельское хозяйство и АПК [Электронный ресурс]. URL: <https://www.donland.ru/activity/193/?ysclid=lzgolkeeqo178779443> (дата обращения 16.10.2024).

³Национальный атлас почв Российской Федерации / Н. А. Аветов [и др.]; под ред. С. А. Шоба. М.: Изд-во Астрель, 2011. 632 с. ISBN: 978-5-271-37461-6.

⁴Каллас Е. В., Марон Т. А. Мелиорация засоленных почв и методы их изучения: учеб.-метод. пособие. Томск: Изд. дом Том. гос. ун-та, 2018. 138 с.

Для повышения почвенного плодородия все большее значение приобретают разные типы мелиорации (фитомелиорация, химическая, агротехническая и т. д.), улучшающие различные свойства и режимы почвы, что положительным образом отражается на ее плодородии. Необходимость в проведении мелиорации возникает из потребностей развития сельского хозяйства⁵ [1, 2, 8–16].

Учеными РосНИИПМ проводятся исследования по влиянию разных типов мелиорации на повышение плодородия засоленных почв. Изучается комплексное влияние химической, агротехнической и гидромелиорации на повышение плодородия деградированных орошаемых земель юга России [2].

Целью данного исследования является изучение влияния комплексных мелиораций (химической мелиорации на фоне глубокого рыхления почвы и промывок) на повышение урожайности сои и риса, возделываемых на рисовых оросительных системах, и расчет экономической эффективности их применения.

Материалы и методы. В ходе данной научно-исследовательской работы было проведено почвенно-мелиоративное обследование рисовой оросительной системы Центральной орошаемой зоны Ростовской области (рисунок 1, таблица 1) [4]. Для проведения данного опыта были выбраны рисовые чеки 2, 4 и 8. Почвы опытного участка темно-каштановые средне-суглинистые с содержанием гумуса 2,0 %, плотностью 1,35–1,45 т/м³. Реакция почвенного раствора слабощелочная. Климат зоны проведения исследований умеренно континентальный, степной, недостаточно влажный. Продолжительность безморозного периода составляет 180 дней, сумма температур выше плюс 15 °С находится в пределах 2900–3000 °С [4, 17, 18].

⁵Орошение и почвенное плодородие в различных климатических зонах / Р. С. Масный, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, А. Н. Бабичев, Р. Е. Юркова, В. А. Монастырский, В. И. Ольгаренко; ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2023. 225 с. Деп. В ВИНТИ РАН 03.04.23, № 9-B2023. DOI: 10.36535/0202-6120-2023-02-9-2023. EDN: VWROAW.

Таблица 1 – Свойства образцов почв для проведения опыта
Table 1 – Properties of the soil samples used in the experiment

Чек	Химизм засоления	Сумма ионов, %	рН водной суспензии	Σ ППК, ммоль (экв) / 100 г почвы	Гипс, %	% от Σ ППК		
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
2	Сульфатный	0,085	7,9	29,44	0,162	71	27	2
4	Хлоридно-сульфатный	0,089	8,0	24,31	0,281	74	23	3
8	Сульфатный	1,054	7,7	38,11	19,68	94	4	2

Анализы почвенных образцов выполнялись в эколого-аналитической лаборатории РосНИИПМ по общепринятым методикам^{6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}.

Сразу после уборки и лущения под основную обработку почвы чеков 2 и 4 было проведено внесение мелиорантов (фосфогипс, ЭТС) и их сочетания расчетными дозами и проводилось увлажнение для протекания химических реакций (таблица 2). Через месяц был произведен полив

⁶ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/gost-r-58595-2019-nacionalnyj-standart-rossi/?ysclid=m1iw396zgp630013741> (дата обращения: 10.10.2023).

⁷Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

⁸ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Введ. 1986-01-01. М.: Стандартинформ, 2011. 4 с.

⁹ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹⁰ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹¹ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹²ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹³ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке [Электронный ресурс]. Введ. 1986-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹⁴ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО [Электронный ресурс]. Введ. 1986-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹⁵ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия [Электронный ресурс]. Введ. 1987-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

для вымывания продуктов реакции (400 м³/га). Почвы чека 8 также подвергались идентичной обработке и химической мелиорации аналогичными мелиорантами, но с промывной нормой 5700 м³/га, рассчитанной на вымывание солей до допустимого содержания [4, 19].

Таблица 2 – Схема опытов, дозы мелиорантов и промывные нормы
Table 2 – Experiment schedule, ameliorant doses and leaching rates

Вариант опыта	Чек 2	Чек 4	Чек 8
Контроль (без внесения мелиоранта)	–	–	–
Фосфогипс	30 т/га	20 т/га	30 т/га
ЭТС	42 т/га	26 т/га	42 т/га
½ Фосфогипс + ½ ЭТС	15 т/га + 21 т/га	10 т/га + 13 т/га	15 т/га + 21 т/га
Полив для реакции и для промывки продуктов реакции	300 м ³ /га 400 м ³ /га	300 м ³ /га 400 м ³ /га	300 м ³ /га 5700 м ³ /га

Для изучения эффекта от изменения состояния почв рисовых чеков были проведены измерения урожайности сои в первый год последствий комплексных мелиораций и риса – во второй год.

Высевали сорт сои СК Оптима 17 мая 2024 г. расчетной нормой высева семян 500 тыс. шт./га широкорядным способом с шириной междурядий 70 см. Полив проводился дождевальными машинами ДДА-100ВХ в агрегате с трактором ДТ-75.

Высевали рис сорта Боярин 4 мая 2025 г. расчетной нормой высева семян 5,3 млн шт./га рядовым способом с шириной междурядий 15 см. Система удобрений, обработка почвы и режим орошения возделываемых культур осуществлялись согласно зональным системам земледелия [20].

Для математической обработки полученных результатов использовались общепринятые методики с применением персонального компьютера¹⁶.

Результаты. При проведении комплексных мелиораций в чеках 2 и 4 произошла оптимизация состава почвенного поглощающего комплекса (замена обменного Mg на обменный Ca), снижение содержания солей и до-

¹⁶Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.

пустимое увеличение содержания гипса. Применение комплексных мелиораций на высокозагипсованных почвах чека 8 с содержанием гипса более 10 % и легкорастворимых солей более 1,0 % не дало значимых результатов [4]. Влияние комплексных мелиораций на урожайность сои отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Урожайность сои в зависимости от комплексных мелиораций

В т/га

Table 3 – Soybean yield depending on integrated reclamations

In t/ha

Вариант опыта	Урожайность	Прибавка	
		т/га	%
Чек 2			
Контроль (без мелиоранта)	1,25	–	–
Фосфогипс (30 т/га)	4,19	2,94	235
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	3,90	2,65	212
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 15 /га + 21 т/га	3,75	2,50	200
НСР ₀₅	0,06	–	
Чек 4			
Контроль (без мелиоранта)	1,82	–	–
Фосфогипс (20 т/га)	4,02	2,2	120
Электролит травления стали (ЭТС) 26 т/га	3,43	1,61	88
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 10 /га + 13 т/га	3,29	1,47	81
НСР ₀₅	0,08	–	
Чек 8			
Контроль (без мелиоранта)	1,52	–	–
Фосфогипс (30 т/га)	1,76	0,24	16
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	1,72	0,20	13
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 15 /га + 21 т/га	1,63	0,11	7
НСР ₀₅	0,03	–	

В результате проведенных исследований было установлено, что урожайность сои в чеке 2 во всех вариантах опыта превышала контрольный вариант в 2–2,5 раза. Прибавка урожая сои в чеке 4 по сравнению с контролем составила от 81 до 120 %. В гипсоносном чеке 8 прибавка урожая на вариантах с применением мелиорантов превышала контрольный вариант незначительно, а максимальная – 16 % – при внесении фосфогипса (Ф) дозой 30 т/га (рисунок 2) [4].

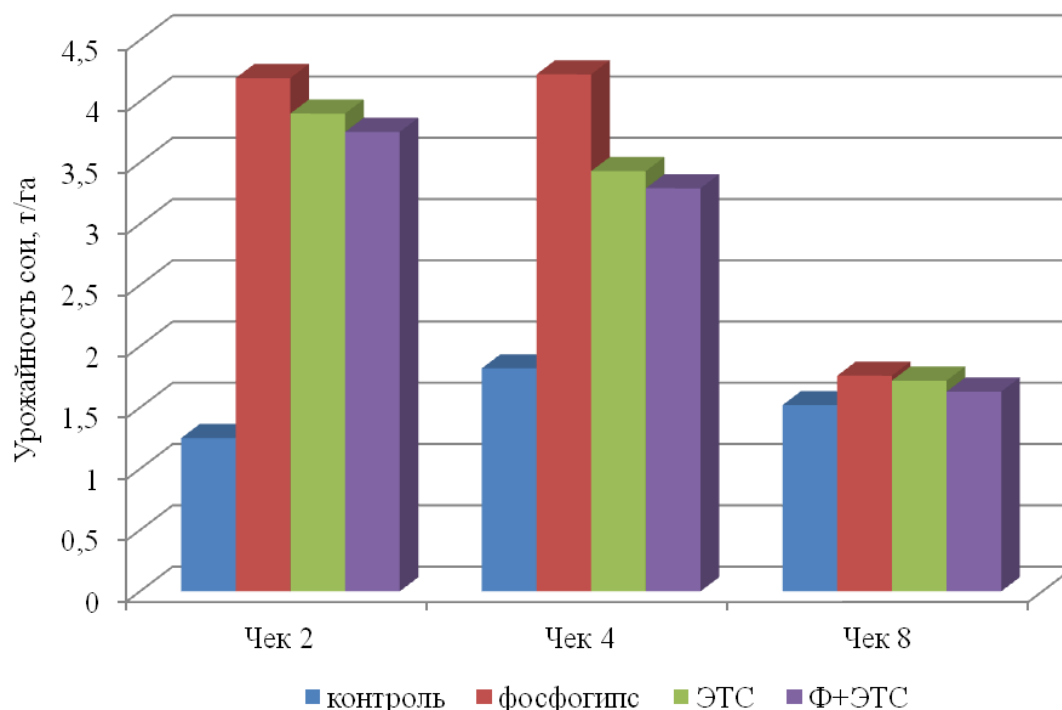


Рисунок 2 – Урожайность сои после комплексных мелиораций, 2024 г.
Figure 2 – Soybean yield after integrated reclamations, 2024

Также изучалось влияние комплексных мелиораций во второй год последействия на урожайность риса сорта Боярин (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность риса в зависимости от комплексных мелиораций

В т/га

Table 4 – Rice yield depending on integrated reclamations

In t/ha

Фактор А	Урожайность	Прибавка	
		т/га	%
1	2	3	4
Чек 2			
Контроль (без мелиоранта)	4,12	–	–
Фосфогипс (30 т/га)	6,67	2,55	62
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	5,68	1,56	37
½ Фосфогипс+ ½ (ЭТС) 15 /га + 21 т/га	4,88	0,76	18
НСР ₀₅	0,07	–	
Чек 4			
Контроль (без мелиоранта)	4,37	–	–
Фосфогипс (20 т/га)	6,77	2,40	54
Электролит травления стали (ЭТС) 26 т/га	6,13	1,76	40
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 10 /га + 13 т/га	5,22	0,85	19
НСР ₀₅	0,05	–	

Продолжение таблицы 4

Table 4 continued

1	2	3	4
Чек 8			
Контроль (без мелиоранта)	3,24	–	–
Фосфогипс (30 т/га)	4,16	0,92	28
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	3,84	0,6	19
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 15 т/га + 21 т/га	3,55	0,31	10
НСР ₀₅	0,03	–	

Полученные результаты исследования по влиянию комплексных мелиораций на урожайность риса показали, что они обеспечивают прибавку урожая риса от 18 до 62 %. Максимальная прибавка урожая риса (около 1 т/га) на сильно гипсоносных почвах получена от внесения фосфогипса дозой 30 т/га (рисунок 3).

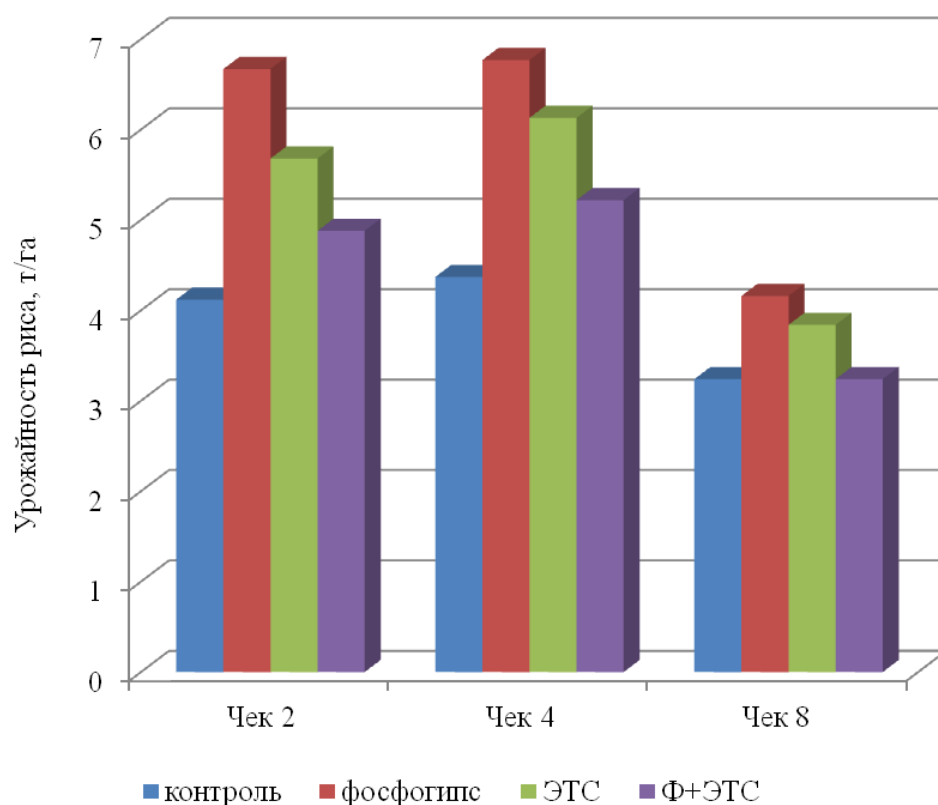


Рисунок 3 – Урожайность риса после комплексных мелиораций, 2025 г.
Figure 3 – Rice yield after integrated reclamations, 2025

Проведение комплексных мелиораций требует капитальных затрат, в основном связанных с транспортировкой химических мелиорантов и их

внесением в почву, но мелиорирующее действие от комплексных мелиораций на свойства почвы обеспечивает прибавку урожая, которая положительно сказывается на экономических показателях (таблица 5) [21].

Результаты урожайности сои в первый год исследований показали положительное влияние комплексных мелиораций на ее урожайность. Прибавка урожайности сои в чеках 2 и 4 составила от 1,47 до 2,94 т/га. Незначительная прибавка урожая сои отмечалась только в сильно гипсоносных почвах (таблица 3).

Прибавка урожайности риса во второй год исследований в чеке 2 в зависимости от применяемого мелиоранта составила от 0,76 до 2,55 т/га. Прирост урожая риса в чеке 4 составил от 0,85 до 2,4 т/га. Прибавка урожая риса отмечалась также в сильно гипсоносных почвах (таблица 4).

Результаты урожайности сои свидетельствуют, что в первый год последствия комплексных мелиораций наиболее эффективным является фосфогипс. При внесении его в дозе 30 т/га прибавка урожая сои составила почти 3 т/га и годовая прибыль составила 67 тыс. руб./га, а прибыль от внесения его дозой 20 т/га несколько ниже и равняется 53 тыс. руб./га.

При внесении ЭТС дозой 42 т/га годовая прибыль при возделывании сои превышает показатель при внесении меньшей дозы мелиоранта на 37,5 руб./га (таблица 6).

Во второй год исследований в варианте с внесением фосфогипса в дозе 30 т/га прибавка урожая риса 2,55 т/га и прибыль 64,0 тыс. руб./га. Прибыль от внесения его дозой 20 т/га несколько ниже и равняется 60,0 тыс. руб./га. Прибыль выращивания риса при внесении различных доз электролита травления стали ниже и составляет от 31 до 44 тыс. руб./га, а от внесения комбинаций мелиорантов при выращивании риса 21 тыс. руб./га (таблица 6).

Таблица 5 – Затраты на проведение мелиорации в зависимости от дозы мелиоранта

В руб./га

Table 5 – Costs for land reclamation depending on the ameliorant dose

In rub./ha

Элемент технологии	Фосфогипс, 30 т/га	ЭТС, 42 т/га	½ Ф. + ½ (ЭТС), 15 т/га + 21 т/га	Фосфогипс, 20 т/га	ЭТС, 26 т/га	½ Ф. + ½ (ЭТС), 10 т/га + 13 т/га
Стоимость мелиоранта	5000	1000	3000	3000	1000	2000
Доставка мелиоранта	45000	45000	45000	30000	30000	30000
Приготовление, внесение	15000	5000	20000	10000	5000	15000
Промывка (400/5700 м ³ /га)	1000/15500	1000/15500	1000/15500	1000	1000	1000
Глубокое рыхление	12000	12000	120000	12000	12000	12000
Стоимость ПСД	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Итого	80000	66000	83000	58000	51000	62000

Таблица 6 – Экономическая эффективность от проведения мелиорации

В руб./га

Table 6 – Economic efficiency of land reclamation

In rub./ha

Вариант опыта	Капи- тальные затраты	Стоимость дополнитель- ной продукции сопут- ствующей культуры	Стоимость дополнительной продукции риса	Прибыль при возделывании сои	Прибыль при возделывании риса
Чек 2					
Фосфогипс (30 т/га)	80000	147000	63750	67000	63750
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	66000	132000	31500	66000	31500
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 15 т/га + 21 т/га	83000	125000	19000	42000	19000
Чек 4					
Фосфогипс (20 т/га)	58000	110000	60000	53000	60000
Электролит травления стали (ЭТС) 26 т/га	51000	80500	44000	28500	44000
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 10 т/га + 13 т/га	62000	73500	21250	11500	21250
Чек 8					
Фосфогипс (30 т/га)	80000	12000	23000	–	–
Электролит травления стали (ЭТС) 42 т/га	66000	10000	15000	–	–
½ Фосфогипс + ½ (ЭТС) 15 т/га + 21 т/га	83000	5500	7750	–	–

Выводы. Прибавка урожая риса и сопутствующей культуры (сои) отмечалась на всех вариантах опыта. Максимальная прибавка урожая риса и сои наблюдалась при внесении 30 т/га фосфогипса, урожайность превысила контрольный вариант почти на 62 % и в 2,5 раза соответственно. Внесение мелиорантов на сильно гипсоносных почвах (более 20 %) не принесло существенной прибавки урожайности сои и риса.

Прибыль при возделывании сои и риса от применения комплексных мелиораций наблюдалась во всех вариантах опыта. Срок окупаемости затрат по вариантам исследований составляет один год.

В сильно гипсоносных почвах проведение комплексных мелиораций является экономически неэффективным из-за больших капитальных затрат и незначительных прибавок урожая сои и риса.

Список источников

1. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 157–176. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176. EDN: INKOLR.
2. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Влияние мелиорации почв на их плодородие // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф., г. Пенза, 15–16 марта 2023 г. Пенза: ПГАУ, 2023. С. 9–12. EDN: HVENOE.
3. Богачёв И. В. Ростовская область. Хозяйство. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/c/rostovskaia-oblast-khoziaistvo-selskoe-khoziaistvo-02930a?ysclid=Izgl2go1vv468993157> (дата обращения 18.07.2024).
4. Бабенко А. А., Бабичев А. Н. Влияние химической мелиорации и агротехнических приемов на химические свойства и продуктивность почв рисовых чеков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 2(80). С. 208–221. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-02-23. EDN: APROYH.
5. Аманбаева Б. Ш., Бекбаев Р. К., Джайсамбекова Р. А. Комплексная мелиорация деградированных орошаемых земель юга Казахстана // Наука и мир. 2017. Т. 1, № 11(51). С. 56–59.
6. Зайдельман Ф. Р. Деградация мелиорированных почв России и сопредельных стран в результате изменения их водного режима и способы защиты. Воронеж: Кварта, 2014. 269 с. ISBN: 978-5-89609-338-1. EDN: UDTSQD.
7. Исаков В. Ю., Иминчев Р. А. Водно-физические свойства гипсоносных почв Южной Ферганы // Actual Issues of Agricultural Development: Problems and Solutions: International Scientific-Practical Conf. Фергана, 2023. С. 748–753.
8. Pravalie R. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet // Earth-Science Reviews. 2021. Vol. 220. Article number: 103689. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689. EDN: HZKKCY.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 290–305.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2026. Vol. 98, no. 1. P. 290–305.

9. Evolutionary overview and prediction of themes in the field of land degradation / X. Lu, Y. Zhang, C. Lin, F. Wu // *Land*. 2021. Vol. 10, iss. 3. P. 1–23. DOI: 10.3390/land10030241. EDN: XZZWFO.

10. Куликова Е. В., Горбунова Н. С., Куликов Ю. А. Влияние мелиорации фосфогипсом на экологическое состояние черноземов Каменной степи // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 16, № 2(77). С 81–89. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_81. EDN: НХИХК.

11. Ибрагимов С. К., Джамалова Р. Х., Мустафаев М. Г. Действие органоминерального мелиоранта при промывках на оздоровление солонцеватых почв Азербайджана // *Мелиорация и гидротехника*. 2023. Т. 13, № 1. С. 73–86. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-73-86. EDN: FFLYPW.

12. Михеев Н. В., Триполев Д. П. Глубокое рыхление почв – основа их плодородия и продуктивности // *Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата: материалы II Междунар. науч.-практ. интернет-конф., г. Новочеркасск, 21–23 апр. 2021 г. Новочеркасск, 2021. С. 17–22. EDN: RCARJP.*

13. Tillage, green manure and residue retention improves aggregate-associated phosphorus fractions under rice-wheat cropping / S. Sharma [et al.] // *Scientific Reports*. 2022. № 12(1). Article number: 7167.

14. Influence of Tillage and Cropping Systems on Soil Properties and Crop Performance under Semi-Arid Conditions / R. Boudiar [et al.] // *Sustainability*. 2022. Vol. 14, No. 18. Article number: 11651. DOI: 10.3390/su141811651. EDN: VYGUQN.

15. Potential Application of Alternate Tillage (AT) in a Rice-Wheat Rotation System-Based on Soil Physical Properties, Wheat Growth and Yield / S. Li [et al.] // *Soil Systems*. 2022. No. 6(70). DOI: 10.3390/soilsystems6030070. EDN: XHQSAL.

16. Integrating Tillage and Mulching Practices as an Avenue to Promote Soil Water Storage, Growth, Production, and Water Productivity of Wheat under Deficit Irrigation in Arid Countries / B. Alsamin [et al.] // *Agronomy*. 2022. Vol. 12, no. 1. DOI: 10.3390/agronomy12092235. EDN: INAKCS.

17. Панов В. Д., Лурье П. М., Ларионов Ю. А. Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра: монография. Ростов н/Д: Донской издательский дом, 2006. 488 с. EDN: XBQEMX.

18. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталева [и др.]. Ростов н/Д.: Бат. кн. изд-во, 2002. 184 с.

19. 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 общ. ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.

20. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / А. И. Клименко и др. Ростов н/Д., 2022. 736 с. EDN: GHQGWS.

21. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю. Использование фосфогипса и фосфогипсосодержащих мелиорантов для мелиорации солонцевых почв в условиях орошения // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации* 2012. № 3(07). С. 52–64. EDN: PCYQBB.

References

1. Babichev A.N., Babenko A.A., 2022. *Vliyanie razlichnykh tipov i vidov melioratsii na vosstanovlenie i povyshenie plodorodiya degradirovannykh pochv* [The effect of various kinds and types of irrigation on restoration and increase of fertility of degraded soils]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 1, pp. 157-176. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176, EDN: INKOLR. (In Russian).

2. Babichev A.N., Babenko A.A., 2023. *Vliyanie melioratsii pochv na ikh plodorodie* [The effect of soil reclamation on their fertility]. *Innovatsionnye tekhnologii v APK: teoriya i praktika: sb. st. IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative Tech-

nologies in the Agro-Industrial Complex: Theory and Practice: Collect. of Art. of the IX International Scientific and Practical Conference]. Penza, PGAU, pp. 9-12, EDN: HVENOE. (In Russian).

3. Bogachev I.V., *Rostovskaya oblast'. Khozyaystvo. Sel'skoe khozyaystvo* [Rostov Region. Economy. Agriculture]. URL: <https://bigenc.ru/c/rostovskaia-oblast-khoziaistvo-sel'skoe-khoziaistvo-02930a?ysclid=lzgl2go1vv468993157> [accessed 18.07.2024]. (In Russian).

4. Babenko A.A., Babichev A.N., 2025. *Vliyanie khimicheskoy melioratsii i agrotekhnicheskikh priemov na khimicheskie svoystva i produktivnost' pochv risovykh chekov* [The influence of chemical reclamation and agronomic methods on the chemical properties and productivity of rice check soils]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 2(80), pp. 208-221, DOI: 10.32786/2071-9485-2025-02-23, EDN: APROYH. (In Russian).

5. Amanbaeva B.Sh., Bekbaev R.K., Dzhaysambekova R.A., 2017. *Kompleksnaya melioratsiya degradirovannykh oroshaemykh zemel' yuga Kazakhstana* [Integrated reclamation of degraded irrigated lands in the south of Kazakhstan]. *Nauka i mir* [Science and the World], vol. 1, no. 11(51), pp. 56-59. (In Russian).

6. Zaidelman F.R., 2014. *Degradatsiya meliorirovannykh pochv Rossii i sopredel'nykh stran v rezul'tate izmeneniya ikh vodnogo rezhima i sposoby zashchity* [Degradation of Ameliorated Soils in Russia and Adjacent Countries as Resulted from Changes in Their Water Regime]. Voronezh, Kvarta Publ., 269 p., ISBN: 978-5-89609-338-1, EDN: UDTSQD. (In Russian).

7. Isakov V.Yu., Iminchev R.A., 2023. *Vodno-fizicheskie svoystva gipsonosnykh pochv Yuzhnoy Fergany* [Water-physical properties of gypsum-bearing soils of Southern Fergana]. Actual Issues of Agricultural Development Problems and Solutions: International Scientific-Practical Conf., Фергана, pp. 748-753. (In Russian).

8. Pravalie R., 2021. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet. *Earth-Science Reviews*, vol. 220, article number: 103689, DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689, EDN: HZKKCY.

9. Lu X., Zhang Y., Lin C., Wu F., 2021. Evolutionary overview and prediction of themes in the field of land degradation. *Land*, vol. 10, iss. 3, pp. 1-23, DOI: 10.3390/land10030241, EDN: XZZWFO.

10. Kulikova E.V., Gorbunova N.S., Kulikov Yu.A., 2023. *Vliyanie melioratsii fosfogipsom na ekologicheskoe sostoyanie chernozemov Kamennoy stepi* [Effect of reclamation with phosphogypsum on the ecological status of chernozem soils of the Kamennaya Steppe]. *Vestnik Voronezhsko-go gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Voronezh State Agrarian University], vol. 16, no. 2(77), pp. 81-89, DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_81, EDN: HXIJK. (In Russian).

11. Ibragimov S.K., Dzhamalova R.Kh., Mustafayev M.G., 2023. *Deystvie organomineral'nogo melioranta pri promyvках na ozdorovlenie solontsevatykh pochv Azerbaydzhana* [The effect of organomineral ameliorant on the improvement of solonchic soils of Azerbaijan]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 1, pp. 73-86, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-73-86, EDN: FFLYPW. (In Russian).

12. Mikheev N.V., Tripolev D.P., 2021. *Glubokoe rykhlenie pochv – osnova ikh plodorodiya i produktivnosti* [Deep loosening of soils is the basis of their fertility and productivity]. *Melioratsiya kak drayver modernizatsii APK v usloviyakh izmeneniya klimata: materialy II Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii* [Land Reclamation as a Driver of Agro-Industrial Complex Modernization in the Context of Climate Change: Proceed. of the II International Scientific and Practical Online Conference], Novocheerkassk, pp. 17-22, EDN: RCARJP. (In Russian).

13. Sharma S. [et al.], 2022. Tillage, green manure and residue retention improves aggregate-associated phosphorus fractions under rice-wheat cropping. *Scientific Reports*, no. 12(1), article number: 7167.

14. Boudiar R. [et al.], 2022. Influence of Tillage and Cropping Systems on Soil Properties and Crop Performance under Semi-Arid Conditions. Sustainability, vol. 14, no. 18, article number: 11651, DOI: 10.3390/su141811651, EDN: VYGUQN.

15. Li S. [et al.], 2022. Potential Application of Alternate Tillage (AT). Soil Systems, no. 6(70), DOI: 10.3390/soilsystems6030070, EDN: XHQSAI.

16. Alsamin B., [et al.], 2022. Integrating Tillage and Mulching Practices as an Avenue to Promote Soil Water Storage, Growth, Production, and Water Productivity of Wheat under Deficit Irrigation in Arid Countries. Agronomy, vol. 12, no. 1, DOI: 10.3390/agronomy12092235, EDN: INAKCS.

17. Panov V.D., Lurye P.M., Larionov Yu.A., 2006. *Klimat Rostovskoy Oblasti: vchera, segodnya, zavtra: monografiya* [Climate of the Rostov Region: Yesterday, Today, Tomorrow: Monograph]. Rostov n/D, OOO “Donskoy Izdatel'skiy Dom”, 488 p., EDN: XBQEMX. (In Russian).

18. Khrustalev Yu.P. [et al.], 2002. *Klimat i agroklimaticheskie resursy Rostovskoy oblasti* [Climate and Agroclimatic Resources of Rostov Region]. Rostov n/D, Bat. kn. Publ., 184 p. (In Russian).

19. Shchedrin V.N., Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guide to Monitoring and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p. (In Russian).

20. Klimenko A.I., [et al.], 2022. *Zonal'ne sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2022–2026 gody* [Zonal Farming Systems of Rostov region for 2022–2026]. Rostov n/D., 736 p., EDN: GHQGWS.

21. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., 2012. *Ispol'zovanie fosfogipsa i fosfogipsosoderzhashchikh meliorantov dlya melioratsii solontsovykh pochv v usloviyakh orosheniya* [Use of phosphogypsum and phosphogypsum-containing ameliorants for reclamation of alkaline soils under irrigation]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(07), pp. 52-64, EDN: PCYQBB.

Информация об авторе

А. А. Бабенко – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, al.al.al.1980@yandex.ru, AuthorID: 1041758, ORCID: 0000-0002-7582-4907.

Information about the author

A. A. Babenko – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, al.al.al.1980@yandex.ru, AuthorID: 1041758, ORCID: 0000-0002-7582-4907.

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 16.01.2026; одобрена после рецензирования 04.02.2026; принята к публикации 17.03.2026.
The article was submitted 16.01.2026; approved after reviewing 04.02.2026; accepted for publication 17.03.2026.*