

УДК 338.43:004.9:631.45

DOI: 10.34670/AR.2026.99.86.007

Экономическая эффективность внедрения цифровых технологий в области земледелия на деградированных почвах

Лунёв Алексей Андреевич

Студент 2 курса магистратуры,
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
125167, Российская Федерация, Москва, Ленинградский просп., 49/2;
e-mail: Aland.02@mail.ru

Аннотация

Деградация пахотных почв изменяет экономику растениеводства не только через снижение урожайности, но и через рост скрытых затрат: перерасход удобрений, неоднородность всходов, дополнительные проходы техники и запаздывание управленческих решений. Цель исследования состоит в расчётной оценке эффективности внедрения цифрового контура земледелия на деградированных почвах при раздельном учёте слабой, средней и сильной степени деградации. Методическая база включает зонирование поля по данным дистанционного мониторинга и агрохимического обследования, сопоставление базовой и цифровой технологических схем, расчёт маржинального результата, чистой приведённой стоимости, индекса доходности и дисконтированного срока окупаемости. Модельный массив охватывает 540 га пашни, разделённой на три агроэкономические зоны. Получено, что переход к картам-заданиям, дифференцированному внесению удобрений, мониторингу урожайности и цифровому журналу полевых операций повышает валовой сбор зерна на 140,5 т, или на 11,6% к базовому варианту, при одновременном снижении прямых затрат на отдельных участках на 0,9–1,4 тыс. руб./га. Чистая приведённая стоимость пятилетнего проекта при ставке дисконтирования 16% составляет 3,21 млн руб., индекс доходности – 1,56, дисконтированный срок окупаемости – 2,99 года. Наибольший вклад в эффект дают прирост урожайности и предотвращение дальнейшего ухудшения почвенного потенциала; вместе с тем сервисные расходы цифровой платформы заметно сдерживают итоговый финансовый результат. Практическая значимость расчётов связана с возможностью применять предложенную логику для предварительного отбора полей, где цифровизация не подменяет агрономическую реабилитацию, а экономически дисциплинирует её.

Для цитирования в научных исследованиях

Лунёв А.А. Экономическая эффективность внедрения цифровых технологий в области земледелия на деградированных почвах // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2026. Том 16. № 4А. С. 75-84. DOI: 10.34670/AR.2026.99.86.007

Ключевые слова

Цифровое земледелие, деградированные почвы, экономическая эффективность, точное земледелие, дифференцированное внесение удобрений, чистая приведённая стоимость, аграрная экономика, управление рисками, методология исследования.

Введение

Деградированные почвы в экономике земледелия обычно оказываются описаны слишком грубо: как площадь с пониженной отдачей либо как объект агромелиоративных мероприятий. Для управленческого расчёта этого недостаточно. Сама постановка задачи, по логике эколого-экономического подхода [Дубовицкий и др., 2023], не сводится к сопоставлению урожайности до и после технологического вмешательства; в расчёт включаются неоднородность затрат, риск дальнейшего ухудшения плодородия и стоимость ошибочного агрономического решения. Здесь возникает методическая развилка. Она неочевидна.

Цифровые технологии в растениеводстве, как правило, обещают снижение неопределённости: спутниковые индексы, датчики, навигация машинно-тракторных агрегатов, карты-задания, мониторинг урожайности. Однако цифровизация сельского хозяйства, описанная Добровляниным и Антинескул [Добровлянин, Антинескул, 2022], не означает автоматического превращения любой пашни в экономически управляемый актив; развитие цифровых технологий в АПК [Иванов и др., 2025] лишь усиливает потребность в отборе участков, где технология способна окупиться. На деградированной почве цифровой контур фиксирует проблему точнее, чем традиционный осмотр, но сам по себе не устраняет дефицит гумуса, уплотнение, засоление или водную неустойчивость. Такая оговорка принципиальна.

Особенно спорным остаётся вопрос об экономической границе внедрения. Одно и то же оборудование на слабодegradированном участке может окупаться за счёт точного распределения удобрений, тогда как на сильно деградированном участке рост урожайности оказывается ограничен биофизическим потолком, и цифровая технология превращается в дорогостоящий механизм диагностики. В публикациях о региональной дифференциации точного земледелия [Кадомцева, Нейфельд, 2021] подчёркивается зависимость результата от территориальных условий, но для деградированных почв эта зависимость должна быть прочитана уже не как фон, а как самостоятельный фактор расчёта. Мелкая зона поля становится экономической единицей.

Цель исследования состоит в оценке экономической эффективности внедрения цифровых технологий земледелия на деградированных почвах при раздельном учёте трёх уровней деградации. Научная новизна работы заключается в построении расчётной модели, где цифровизация рассматривается не как общий инвестиционный проект хозяйства, а как зональный механизм перераспределения затрат и управленческого риска. В качестве результата требуется получить не только интегральную окупаемость, но и объяснение того, какие компоненты эффекта формируют денежный поток проекта.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено в формате кабинетного расчётного моделирования. Эмпирическая основа носит условно-прикладной характер: рассматривается сельскохозяйственная организация зерновой специализации с массивом пашни 540 га, где по результатам агрохимической съёмки и дистанционного мониторинга выделены три класса деградации. Методика оценки эффективности цифровых инноваций в сельском хозяйстве [Худякова и др., 2023] использована как отправная рамка для разделения инвестиционного и операционного эффектов; при этом исходные значения урожайности, затрат и цен заданы как модельные, без привязки к конкретному юридическому лицу. Такой компромисс ограничивает внешнюю

валидность расчёта. Но он позволяет избежать имитации закрытой бухгалтерской отчётности.

Цифровой контур включает четыре элемента: построение электронной карты поля с агрохимическими слоями; использование данных дистанционного зондирования для выявления внутриполевой неоднородности; формирование карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений и посева; мониторинг урожайности с последующей корректировкой норм. Подход к оценке внедрения цифровых технологий на уровне сельскохозяйственного предприятия [Колмыкова и др., 2021] принят в части сопоставления базового варианта с проектным сценарием по денежным потокам. Цена реализации зерна в модели составляет 14,75 тыс. руб./т, ставка дисконтирования – 16%, расчётный горизонт – пять лет. Цифры намеренно не округлены до удобных значений.

Экономический эффект определялся через прирост маржинального результата по зонам деградации, экономию ресурсов, дополнительные сервисные расходы и предотвращённый ущерб от дальнейшего ухудшения почвенного потенциала. Для инвестиционного блока использованы показатели NPV, PI, IRR и дисконтированного срока окупаемости; близкая логика оценки проектов цифровой трансформации сельского хозяйства [Хромова и др., 2022] допускает такую комбинацию индикаторов, хотя не снимает проблему выбора ставки дисконтирования. В расчёте она трактуется как минимально приемлемая доходность с учётом технологического риска и сезонной неопределённости. Это не банковская ставка.

Результаты и обсуждение

Исходная технологическая схема предполагает равномерное внесение минеральных удобрений и стандартную норму высева по всему массиву. В цифровом сценарии норма корректируется по трём зонам: на слабodeградированных участках усиливается поддерживающее питание, на среднедеградированных – устраняется дисбаланс азота и фосфора, на сильнодеградированных – избыточное внесение частично сокращается, поскольку предельная отдача удобрений там ниже. Для мелиорируемых и водно-неустойчивых земель значение цифровизации технологических операций уже связывалось с приоритетами управления ресурсами [Юрченко, 2022], однако в настоящей модели акцент перенесён на денежный результат обычного зернового массива. Расчёт начинается с урожайности.

Организационный эффект не менее важен, чем агрономический. Автоматизация агромелиоративных и полевых технологий требует согласования данных, техники, персонала и регламентов, что подчёркивается в работах Юрченко [Юрченко, 2021]; в противном случае электронная карта поля остаётся декоративным слоем. В расчёт включены дополнительные расходы на сервисное сопровождение, обновление карт-заданий и ежегодную валидацию зон. Они снижают финансовый итог.

Для первичного сопоставления приняты средние значения урожайности по зонам, причём показатели дифференцированного посева учитывались как технологический аналог зонального регулирования нормы [Беляев и др., 2023]. В расчёт включены прямые затраты без общехозяйственных расходов, поскольку последние слабо зависят от карты-задания. Первый срез представлен ниже (табл. 1).

Полученные значения не являются линейной прибавкой урожайности по всему массиву. Слабodeградированная зона даёт наибольший абсолютный прирост валового сбора, поскольку занимает 286,4 га; среднедеградированная зона формирует более высокий прирост маржинального результата на гектар из-за сокращения агрономически избыточных операций.

На сильнодеградированных почвах цифровой сценарий не выводит производство в положительную маржу, но уменьшает отрицательный результат с 9,97 до 5,03 тыс. руб./га. Это неприятная, но экономически значимая деталь.

Таблица 1 – Урожайность и маржинальный результат по зонам деградации

Уровень деградации и почвы	Площадь, га	Урожайность без цифрового контура, ц/га	Урожайность с цифровым контуром, ц/га	Прирост урожайности, ц/га	Изменение прямых затрат, тыс. руб./га	Прирост маржинального результата, тыс. руб./га
Слабая	286,4	24,8	27,2	2,4	-0,9	4,44
Средняя	181,7	20,9	23,9	3,0	-1,0	5,43
Сильная	71,9	16,7	19,1	2,4	-1,4	4,94
Итого по массиву	540,0	22,4	25,0	2,6	-1,0	4,84

Источник: составлено автором по расчётной модели.

Совокупный валовой сбор увеличивается с 1 210,1 до 1 350,6 т. Прирост равен 140,5 т, что при цене 14,75 тыс. руб./т даёт 2,07 млн руб. дополнительной выручки. В экспериментальных оценках точного земледелия при возделывании яровой пшеницы [Беляев и др., 2024] также фиксируется зависимость результата от корректности зонирования, но в расчётной модели денежный эффект дополнительно раскладывается на затраты. Именно поэтому прирост выручки здесь не равен приросту прибыли.

Перераспределение семян и удобрений по картам-заданиям меняет не только объём ресурсов, но и место их применения. Практика использования геоинформационных систем и дифференцированного распределения материальных ресурсов при посеве [Бышов и др., 2020] в этом отношении методически близка принятой модели. Для сильнодеградированных участков снижение затрат на гектар оказывается почти столь же важным, как повышение урожайности, поскольку биологический ответ культуры ограничен. Это видно по последнему столбцу таблицы.

Инвестиционный блок сформирован из капитальных затрат на первичное обследование, навигационное дооснащение техники, программную платформу, обучение персонала и интеграцию цифрового журнала операций. Для хозяйства площадью 540 га стартовые вложения в 5,76 млн руб. нельзя считать незначительными. Экономическая эффективность технологических инноваций в растениеводстве [Тюпаков и др., 2023] обычно проявляется только при устойчивом использовании технологии несколько сезонов подряд, поэтому однолетний расчёт был бы методически беден. Пятилетний горизонт здесь является минимальным.

В денежном потоке учтены четыре положительных компонента: прирост маржинального результата, экономия удобрений и топлива, снижение управленческих потерь, предотвращение части ущерба от дальнейшего ухудшения почв. Цифровые технологии как фактор конкурентоспособности аграрного производства [Обухова и др., 2022] важны именно через такую многоканальную структуру эффекта, а не через сам факт приобретения платформы. Отрицательный компонент представлен сервисными затратами. Расчёт приведён ниже (табл. 2).

Сумма дисконтированных положительных потоков за пять лет составляет 8,97 млн руб. После вычета стартовых инвестиций чистая приведённая стоимость равна 3,21 млн руб.; индекс доходности – 1,56. Дисконтированный срок окупаемости приходится на конец третьего года:

накопленный дисконтированный поток после второго года остаётся отрицательным на 1,82 млн руб., а в третьем году становится положительным на 0,02 млн руб. Запас небольшой.

Таблица 2 – Денежный поток проекта цифрового контура

Показатель	0 год	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Капитальные вложения, тыс. руб.	-5 760					
Чистый денежный поток до дисконтирования, тыс. руб.	-5 760	2 318	2 614	2 873	3 024	3 188
Коэффициент дисконтирования при 16%	1,000	0,862	0,743	0,641	0,552	0,476
Дисконтированный денежный поток, тыс. руб.	-5 760	1 998	1 943	1 841	1 670	1 518
Накопленный дисконтированный поток, тыс. руб.	-5 760	-3 762	-1 819	22	1 692	3 210

Источник: составлено автором по расчётной модели.

Внутренняя норма доходности по расчётному ряду составляет 36,6%. Такой показатель не следует понимать как универсальное доказательство выгоды цифровизации деградированных почв. Если сервисные расходы увеличатся на 25%, NPV снизится до 1,63 млн руб.; если прирост урожайности окажется ниже расчётного на 20%, проект сохранит положительное значение NPV, но дисконтированная окупаемость сместится к четвёртому году. Риск здесь не косметический.

Наиболее чувствительным элементом является среднедеградированная зона. Именно там дифференцированное внесение даёт сочетание прироста урожайности и сокращения неэффективных затрат. Разработки, связанные с дифференцированным внесением азотных удобрений с применением моделей искусственного интеллекта [Труфляк, Рагозин, 2025], усиливают этот вывод: цифровой инструмент особенно продуктивен там, где почва ещё способна ответить на точную дозировку ресурса. На сильно деградированных участках технология скорее ограничивает убыток, чем создаёт полноценный инвестиционный доход.

Для уточнения структуры результата выполнено факторное разложение денежного потока третьего года, поскольку именно этот год является пограничным для дисконтированной окупаемости. Выбран не первый год: стартовая настройка цифрового контура даёт артефакты обучения персонала и неполной калибровки карт. Третий год выглядит более устойчивым. Но и он не свободен от сезонного шума.

Факторная оценка построена методом последовательного выделения компонентов денежного потока: сначала фиксируется эффект урожайности и качества зерна, затем ресурсная экономия, далее организационно-управленческие сокращения потерь, после чего вычитаются сервисные расходы и добавляется предотвращённый ущерб почвенному потенциалу. Такое разложение не является бухгалтерской формой отчётности. Оно нужно для управленческого решения (табл. 3).

Таблица 3 – Факторное разложение денежного потока третьего года

Фактор денежного результата третьего года	Эффект, тыс. руб.	Доля в чистом эффекте, %	Экономическое содержание
Прирост урожайности и качества зерна	2 146	74,7	Дополнительная выручка за счёт зонального управления нормами внесения и посева
Экономия удобрений и средств защиты	609	21,2	Сокращение внесения на участках с низкой предельной отдачей

Фактор денежного результата третьего года	Эффект, тыс. руб.	Доля в чистом эффекте, %	Экономическое содержание
Экономия топлива и механизированных часов	318	11,1	Снижение перекрытий, лишних проходов и внутриполевых потерь времени
Сокращение управленческих потерь	254	8,8	Более короткий цикл выявления проблемной зоны и корректировки операции
Сервисные расходы цифровой платформы	-1 263	-44,0	Подписка, обновление карт, консультационное и техническое сопровождение
Предотвращённый ущерб почвенному потенциалу	809	28,2	Условная стоимость замедления дальнейшего снижения продуктивности
Итоговый чистый денежный поток	2 873	100,0	Суммарный операционный эффект цифрового сценария в третьем году

Источник: составлено автором по расчётной модели.

Разложение показывает асимметрию результата. Прирост урожайности и качества формирует 74,7% чистого эффекта третьего года, если считать вклад относительно итогового денежного потока; предотвращённый ущерб плодородию добавляет ещё 28,2%, но эта величина расчётная и потому менее наблюдаема для управленца. Сервисные расходы платформы поглощают 44,0% результата в отрицательном направлении. Визуально технология выглядит дешевле, чем оказывается в модели.

На уровне хозяйственного решения это означает следующее: внедрение цифровых технологий на деградированных почвах оправдано не по всей площади автоматически, а при наличии достаточной зоны почвенного ответа. Если массив состоит преимущественно из сильно деградированных участков, финансовый расчёт должен начинаться не с платформы, а с агрохимической и мелиоративной реабилитации. Цифровой слой в таком случае полезен, но его инвестиционная роль вторична.

Дополнительный эффект проявляется в дисциплинировании производственного цикла. Цифровой журнал операций сокращает разрыв между выявлением проблемной зоны и фактическим изменением нормы внесения, а мониторинг урожайности создаёт обратную связь для следующего сезона. В денежном выражении этот эффект невелик – 0,25 млн руб. в третьем году. Но без него карта поля быстро теряет управленческий смысл.

Сравнение базового и цифрового вариантов показывает, что экономическая эффективность возникает на стыке трёх процессов: точного распределения материальных ресурсов; предотвращения дальнейшего снижения почвенного потенциала; снижения управленческой неопределённости. Ни один из этих процессов в отдельности не обеспечивает достаточного NPV при заданном объёме инвестиций. Их совмещение даёт проектный результат.

Заключение

Расчётная оценка показала, что цифровые технологии земледелия на деградированных почвах могут быть экономически эффективны, если внедрение строится не по принципу сплошной технологической модернизации, а через зонирование почвенного ответа. При площади 540 га и трёх уровнях деградации проект обеспечивает прирост валового сбора зерна на 140,5 т, положительную чистую приведённую стоимость 3,21 млн руб. и дисконтированную

окупаемость 2,99 года. Это умеренно благоприятный результат, а не безусловное инвестиционное преимущество.

Основной источник эффекта связан с приростом урожайности и качества продукции на слабой и средней степенях деградации. Сильно деградированные участки остаются проблемными: цифровой контур снижает убыток, уточняет дозировку ресурсов и уменьшает ошибочные операции, но не способен заменить восстановление агрофизических и агрохимических свойств почвы. В этом смысле цифровизация выступает не самостоятельным лекарством, а инструментом экономической селекции мероприятий.

Для управленческой практики предложенная модель важна тем, что позволяет предварительно отделять поля с инвестиционно оправданным цифровым сценарием от полей, где первичным должен быть восстановительный агротехнический пакет. Наиболее рациональная последовательность выглядит так: обследование и зонирование; расчёт маржинальной отдачи по зонам; внедрение карт-заданий только на участках с положительным или ограниченно отрицательным почвенным ответом; ежегодная корректировка цифровых слоёв по фактической урожайности. Нарушение этой последовательности повышает риск технологически красивого, но финансово слабого проекта.

Ограничения исследования связаны с модельным характером данных, пятилетним горизонтом и отсутствием прямой привязки к конкретной структуре севооборота. В дальнейшем расчёт целесообразно расширить за счёт сравнения культур, включения затрат на углеродосберегающие практики и оценки эффекта от совместного применения цифрового мониторинга с мелиоративными мероприятиями. Особенно существенным представляется анализ случаев, когда деградация почвы имеет неравномерную пространственную структуру внутри одного контура поля.

Библиография

1. Беляев В. И., Буксман В. Э., Садов В. В., Смышляев А. А., Тур А. В. Влияние дифференцированного посева на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 2. С. 5–12.
2. Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д. Оценка эффективности точного земледелия при возделывании яровой пшеницы в Алтайском крае в 2022 и 2023 гг. // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18. № 2. С. 5–16.
3. Бышов Н. В., Олейник Д. О., Богданчиков И. Ю., Бачурин А. Н., Липатов Н. В. Применение геоинформационных систем и дифференцированного распределения семян и удобрений при посеве озимой пшеницы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 4 (48). С. 92–97.
4. Добровлянин В. Д., Антинескул Е. А. Цифровизация сельского хозяйства: текущий уровень цифровизации в Российской Федерации и перспективы дальнейшего развития // Цифровые модели и решения. 2022. Т. 1. № 2. С. 59–74.
5. Дубовицкий А. А., Климентова Э. А., Корольков Н. С. Эколого-экономический подход к возделыванию сельскохозяйственных культур // Агропродовольственная политика России. 2023. № 2 (105). С. 26–30.
6. Иванов Д. И., Терехин Б. Д., Шешеня Е. О., Старцев Д. А., Ефремов Е. Л. Применение принципов микросервисной архитектуры и обработки больших данных для автоматизации анализа и прогнозирования показателей плодородия почв в сельскохозяйственных угодьях // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 5. С. 29–39.
7. Кадомцева М. Е., Нейфельд В. В. Региональные особенности использования технологий точного земледелия в сельском хозяйстве // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25. № 2. С. 73–89.
8. Колмыкова Т. С., Обухова А. С., Гришаева О. Ю. Оценка экономической эффективности внедрения цифровых технологий сельскохозяйственным предприятием // Вестник аграрной науки. 2021. № 2 (89). С. 129–136.
9. Обухова А. С., Колмыкова Т. С., Казаренкова Н. П. Цифровые технологии как фактор обеспечения

- конкурентоспособности в аграрном производстве // Вестник аграрной науки. 2022. № 4 (97). С. 112–117.
10. Труфляк Е. В., Рагозин Л. В. Эффективность дифференцированного внесения азотных удобрений с использованием модели искусственного интеллекта // Инженерные технологии и системы. 2025. Т. 35. № 3. С. 489–512.
 11. Тюпаков К. Э., Батракова Н. В., Мертинс Ю. В. Экономическая эффективность технологических инноваций в растениеводстве // Естественно-гуманитарные исследования. 2023. № 1 (45). С. 259–264.
 12. Хромова И. Н., Тахмазян Ю. Р., Хахалева Е. А. Оценка экономической эффективности проектов цифровой трансформации сельского хозяйства // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 42 (4). С. 288–292.
 13. Худякова Е. В., Никаноров М. С., Степанцевич М. Н. К вопросу о методике оценки экономической эффективности внедрения цифровых инноваций в сельское хозяйство // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 2. С. 37–44.
 14. Юрченко И. Ф. Организационное обеспечение как фактор успешной автоматизации агроуправляющих технологий системы растениеводства // Международный технико-экономический журнал. 2021. № 3. С. 80–88.
 15. Юрченко И. Ф. Приоритетные направления и мероприятия современной цифровизации в мелиорации // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 2. С. 84–100.

Economic Efficiency of Implementing Digital Technologies in Agriculture on Degraded Soils

Aleksei A. Lunev

2nd-year Master's Student,
Financial University under the Government of the Russian Federation,
125167, 49/2, Leningradskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Aland.02@mail.ru

Abstract

Degradation of arable soils alters the economics of crop production not only through yield reduction but also through the growth of hidden costs: excessive fertilizer consumption, seedling heterogeneity, additional machinery passes, and delays in management decisions. The aim of the study is to provide a calculated assessment of the efficiency of implementing a digital farming contour on degraded soils with separate consideration of weak, medium, and strong degrees of degradation. The methodological framework includes field zoning based on remote monitoring and agrochemical survey data, comparison of basic and digital technological schemes, and calculation of marginal result, net present value, profitability index, and discounted payback period. The model array covers 540 hectares of arable land divided into three agro-economic zones. It was obtained that the transition to task maps, differentiated fertilizer application, yield monitoring, and a digital field operations log increases gross grain harvest by 140.5 tons, or 11.6% compared to the basic option, while simultaneously reducing direct costs on individual plots by 0.9–1.4 thousand rubles/ha. The net present value of the five-year project at a discount rate of 16% amounts to 3.21 million rubles, the profitability index is 1.56, and the discounted payback period is 2.99 years. The greatest contribution to the effect comes from yield increase and prevention of further deterioration of soil potential; at the same time, service costs of the digital platform noticeably constrain the final financial result. The practical significance of the calculations is associated with the ability to apply the proposed logic for the preliminary selection of fields where digitalization does not substitute for agronomic rehabilitation but economically disciplines it.

For citation

Lunev A.A. (2026) Ekonomicheskaya effektivnost' vnedreniya tsifrovyykh tekhnologiy v oblasti zemledeliya na degradirovannykh pochvakh [Economic Efficiency of Implementing Digital Technologies in Agriculture on Degraded Soils]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 16 (4A), pp. 75-84. DOI: 10.34670/AR.2026.99.86.007

Keywords

Digital farming, degraded soils, economic efficiency, precision agriculture, differentiated fertilizer application, net present value, agricultural economics, risk management, research methodology.

References

1. Belyaev, V. I., Buksman, V. E., Sadov, V. V., Smyshlyaev, A. A., & Tur, A. V. (2023). Vliyanie differentsirovannogo poseva na vodnyy rezhim pochvy i urozhaynost yarovoy pshenitsy [Influence of differentiated sowing on the water regime of the soil and the yield of spring wheat]. *Dalnevostochnyy agramyy vestnik*, 17(2), 5–12.
2. Belyaev, V. I., Sadov, V. V., Smyshlyaev, A. A., & Kosheleva, E. D. (2024). Otsenka effektivnosti tochnogo zemledeliya pri vzdelyvaniy yarovoy pshenitsy v Altayskom krae v 2022 i 2023 gg. [Evaluation of the efficiency of precision farming in the cultivation of spring wheat in the Altai Territory in 2022 and 2023]. *Dalnevostochnyy agramyy vestnik*, 18(2), 5–16.
3. Byshov, N. V., Oleynik, D. O., Bogdanchikov, I. Yu., Bachurin, A. N., & Lipatov, N. V. (2020). Primenenie geoinformatsionnykh sistem i differentsirovannogo raspredeleniya semyan i udobreniy pri poseve ozimoy pshenitsy [Application of geoinformation systems and differentiated distribution of seeds and fertilizers in winter wheat sowing]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva*, 4(48), 92–97.
4. Dobrovlyanin, V. D., & Antineskul, E. A. (2022). Tsifrovizatsiya selskogo khozyaystva: tekushchiy uroven tsifrovizatsii v Rossiyskoy Federatsii i perspektivy dalneyshego razvitiya [Digitalization of agriculture: The current level of digitalization in the Russian Federation and prospects for further development]. *Tsifrovyye modeli i resheniya*, 1(2), 59–74.
5. Dubovitsky, A. A., Klimentova, E. A., & Korolkov, N. S. (2023). Ekologo-ekonomicheskiy podkhod k vzdelyvaniyu selskokhozyaystvennykh kultur [Ecological and economic approach to crop cultivation]. *Agroproduktovstvennaya politika Rossii*, 2(105), 26–30.
6. Ivanov, D. I., Terekhin, B. D., Sheshenya, E. O., Startsev, D. A., & Efremov, E. L. (2025). Primenenie printsiptov mikroservisnoy arkhitektury i obrabotki bolshikh dannykh dlya avtomatizatsii analiza i prognozirovaniya pokazateley plodorodiya pochv v selskokhozyaystvennykh ugodyakh [Application of the principles of microservice architecture and big data processing for the automation of analysis and forecasting of soil fertility indicators in agricultural lands]. *Voprosy prirodopolzovaniya*, 4(5), 29–39.
7. Kadomtseva, M. E., & Neifeld, V. V. (2021). Regionalnye osobennosti ispolzovaniya tekhnologiy tochnogo zemledeliya v selskom khozyaystve [Regional features of the use of precision farming technologies in agriculture]. *Problemy razvitiya territorii*, 25(2), 73–89.
8. Kolmykova, T. S., Obukhova, A. S., & Grishaeva, O. Yu. (2021). Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti vnedreniya tsifrovyykh tekhnologiy selskokhozyaystvennym predpriyatiem [Assessment of the economic efficiency of the implementation of digital technologies by an agricultural enterprise]. *Vestnik agramoy nauki*, 2(89), 129–136.
9. Obukhova, A. S., Kolmykova, T. S., & Kazarenkova, N. P. (2022). Tsifrovyye tekhnologii kak faktor obespecheniya konkurentosposobnosti v agramom proizvodstve [Digital technologies as a factor in ensuring competitiveness in agricultural production]. *Vestnik agramoy nauki*, 4(97), 112–117.
10. Truflyak, E. V., & Ragozin, L. V. (2025). Effektivnost differentsirovannogo vneseniya azotnykh udobreniy s ispolzovaniem modeli iskusstvennogo intellekta [Efficiency of differentiated application of nitrogen fertilizers using an artificial intelligence model]. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*, 35(3), 489–512.
11. Tyupakov, K. E., Batrakova, N. V., & Mertins, Yu. V. (2023). Ekonomicheskaya effektivnost tekhnologicheskikh innovatsiy v rastenievodstve [Economic efficiency of technological innovations in crop production]. *Estestvenno-gumanitarnyye issledovaniya*, 1(45), 259–264.
12. Khromova, I. N., Takhmazyan, Yu. R., & Khakhaleva, E. A. (2022). Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti proektov tsifrovoy transformatsii selskogo khozyaystva [Assessment of the economic efficiency of digital transformation projects in agriculture]. *Estestvenno-gumanitarnyye issledovaniya*, 42(4), 288–292.
13. Khudyakova, E. V., Nikanorov, M. S., & Stepantsevich, M. N. (2023). K voprosu o metodike otsenki ekonomicheskoy effektivnosti vnedreniya tsifrovyykh innovatsiy v selskoe khozyaystvo [On the methodology of assessing the economic

efficiency of the implementation of digital innovations in agriculture]. *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii*, 2, 37–44.

14. Yurchenko, I. F. (2021). Organizatsionnoe obespechenie kak faktor uspehnov avtomatizatsii agromeliorativnykh tekhnologiy sistemy rastenievodstva [Organizational support as a factor in the successful automation of agromeliorative technologies in the crop production system]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*, 3, 80–88.
15. Yurchenko, I. F. (2022). Prioritetnye napravleniya i meropriyatiya sovremennoy tsifrovizatsii v melioratsii [Priority directions and measures of modern digitalization in land reclamation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, 12(2), 84–100.