

УДК 332.3:631.1

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-160-172>

Научно-методические и технологические аспекты формирования устойчивого сельскохозяйственного землепользования

Т. С. Есжанова^{1,2✉}, А. Л. Ильиных², В. Б. Жарников²

¹ НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: tazagyl.es@mail.ru

Аннотация. Основным объектом внимания статьи стала проблема сохранения и рационального использования земель, являющаяся основной в теории и практике современного безопасного природопользования и управления национальными земельными ресурсами, особенно в сфере сельскохозяйственного производства. Последовательная реализация данной проблемы в России и Казахстане, ряде других стран обусловила определенные успехи сельскохозяйственного производства и одновременно определила первоочередную научно-практическую задачу по формированию более устойчивых в эколого-экономическом, технологическом и социальном отношении землепользований (УСХЗ), способных стать основой современного устойчивого сельскохозяйственного производства. Поэтому так актуально обсуждение основных предпосылок, условий и критериев формирования УСХЗ, перспективных решений в отношении охраны их земель. В этой связи целью настоящей статьи определен анализ современных проблем сельскохозяйственного производства и перспектив их разрешения с использованием современных технологий, а также выяснением основных условий формирования требуемых такому производству устойчивых сельхозпредприятий, способных обеспечить должный уровень охраны степных земель Казахстана и России.

Ключевые слова: устойчивое землепользование, сельскохозяйственное производство, охрана земель

Для цитирования:

Есжанова Т. С., Ильиных А. Л., Жарников В. Б. Научно-методические и технологические аспекты формирования устойчивого сельскохозяйственного землепользования. *Вестник СГУГиТ*. 2025. Т. 30, № 6. С. 160–172. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-160-172>

Scientific, methodological, and technological approaches to developing sustainable agricultural land use

T. S. Eszhanova^{1,2✉}, A. L. Ilinykh², V. B. Zharnikov²

¹ S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research Univrsity, Astana, Republic of Kazakhstan

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: tazagyl.es@mail.ru

Abstract. The study addresses the preservation and sustainable use of steppe lands, which underpin modern agricultural production in the Republic of Kazakhstan and numerous regions of the Russian

Federation. It examines a rational land-use program emphasizing the conservation of key qualities, especially soil fertility, aligned with the national Concept of Sustainable Development, adopted on April 1, 1996. While full implementation of this concept necessitates formal frameworks that are currently lacking, its practical application in agriculture, a rapidly evolving sector in Russia and Kazakhstan, remains feasible. The study focuses on farming enterprises as primary actors in achieving sustainability. It reviews contemporary advanced agricultural practices and analyzes factors critical to sustainable farming systems, emphasizing organic agriculture. The integration of organic methods with digital land management, precision agriculture, and geospatial aerial and space technologies is identified as essential for the successful and sustainable operation of modern farms in both countries.

Keywords: sustainable land use, agricultural production, land conservation

For citation:

Eszhanova T. S., Ilinykh A. L., Zharnikov V. B. (2025). Scientific, methodological, and technological approaches to developing sustainable agricultural land use. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 30, No. 6. pp. 160–172. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-160-172>

Введение

Основные достижения в освоении целинных, в основном степных земель в 1960–1970-х гг. на территориях современной Республики Казахстан (РК) и прилегающих регионов Российской Федерации (РФ), а также в последующие пореформенные 1990-е гг. связаны с поистине героической работой сельских тружеников и специалистов исследовательских учреждений, в том числе академического уровня [1]. Особая роль в этой работе принадлежит двум выдающимся ученым [2, 3]: «главному агроному целины» и основоположнику почвозащитной системы земледелия академику ВАСХНИЛ А. И. Бараеву (1908–1985) и его соратнику М. К. Сулейменову (1939–2024), ставшему позднее директором созданного Бараевым Казахского НИИ зернового хозяйства, академиком НАН РК и экспертом ООН, изменившим традиционную траекторию развития земледелия в своей стране с переориентацией его на самые передовые технологии. Главное достижение академика Сулейменова – его новое видение развития земледелия с решением ряда частных задач с ориентацией на его устойчивое высокотехнологическое развитие. В числе таких задач: оптимизация площадей зерновых культур на основе снижения нормы высева семян яровой пшеницы до 1,5–2 млн зерен на один гектар вместо 3–3,5 млн, актуальная в технологиях точного посева; новое направление в земледелии по интенсификации ис-

пользования пашни с одновременным вниманием к механизмам сбережения ее качества: разработанные и рекомендованные принципы диверсификации растениеводства; разработка плодосменных севооборотов, повышающих продуктивность пашни и решающих вопросы контроля ветровой и водной эрозии почв; обоснование замены чистого парового поля зернофуражными культурами и др. Его видение развития земледелия, в том числе с использованием автоматизированной техники, вдохнуло свежий импульс в сельскохозяйственную науку, стало определяющим для специалистов РК и других стран с похожими климатическими условиями, включая РФ.

В этой связи естественным направлением сегодняшнего развития аграрной науки и практики в России, Казахстане, других странах мира становится траектория устойчивого развития (УР) [4–6] с задачей на данном этапе придать каждому землепользованию устойчивый характер, особенно значимый в сельскохозяйственном производстве (СХП). Устойчивое землепользование (УЗП) в этом случае определим как индивидуализированный объект земельных отношений с основным функционалом – способностью устойчиво реализовывать рациональное использование земель с надлежащими социально значимыми, в том числе эколого-экономическими результатами в существующих условиях правового государства.

Устойчивое СХП – желанная цель многих государств, причем значительное их число,

включая Республику Казахстан и Российскую Федерацию, по-видимому, близки к ее достижению. В последние десятилетия сельхозпроизводители РК и РФ стабильно собирают хорошие урожаи, имеют устойчивую поддержку своих государств (в сбыте полученной продукции, обновлении сельскохозяйственной техники, страховании посевов от чрезвычайных событий и др.), активно работают с представителями власти, науки, образования и СМИ, а их результаты становятся объектом внимания как общества, так и специалистов.

Отметим [7], что доля сельского хозяйства РФ в 2024 г. составила 2,74 % значения ВВП (при среднем мировом значении 9,68 %, max в России, 1989 г. – 16,6 %, ВВП РФ в 2024 г. по ППС – 6 921 млрд долларов США, на душу населения – \$44 512); его добавленная стоимость в 2023 г. – 67,69 млрд долларов США; доля пахотных земель – 7,4 %, занятость в данной сфере – 5,7 %; индекс производства продуктов питания в 2022 г. – 126,4.

Аналогичны показатели Республики Казахстан [7–9]: доля сельского хозяйства в 2024 г. – 3,94 % ВВП (его значение в 2024 г. – 136 трлн тенге, или 783,8 млрд долларов США – 39-е место по ППС; на душу населения – 39 463 долларов США – 53-е место); его добавленная стоимость – 10,35 млрд долларов США; индекс производства продукции растениеводства к предыдущему году – 129,4; продукции животноводства – 124,8; доля пахотных земель – 11,0 %; использование удобрений в 2022 г. – 4 кг/га; средняя урожайность зерновых – 14 ц/га; индекс производства продуктов питания в 2022 г. – 127, 8.

В этой связи интерес представляет анализ состояния проблемы устойчивого сельскохозяйственного производства, выяснение основных условий формирования требуемых такому производству фермерских хозяйств и их возможностей в обеспечении охраны степных с/х земель Казахстана и России.

Состояние вопроса

На рис. 1 представлено содержание современного земледелия [4], отражающее его сложность, системность элементов и разнообразие возможностей их практической реализации, в

том числе в рамках концепции устойчивого развития, в частности устойчивого сельскохозяйственного производства (УСХП).

Основным элементом такого производства является современное землепользование, устойчивость которого позволит решать актуальнейшую проблему перехода к УСХП.



Рис. 1. Состав современной системы земледелия

Известно, что УСХП, как и устойчивое развитие (УР) общества, являются процессами регулируруемыми [4, 9], требующими внешнего и внутреннего внимания практически ко всем аспектам своей деятельности, и прежде всего хозяйственной: по выбору направления производственной деятельности; реализации программы почвенных исследований и адекватных их результатам культурно-технических мер по улучшению состояния угодий, прежде всего пашенных; проведения землеустройства с выбором наиболее рациональных схем севооборотов; предпосевной обработки угодий и посевного материала СХП; посевных работ, внесения удобрений и ряд других мероприятий, определяющих один из вариантов современного земледелия [10]. Важнейшим компонентом здесь является блок процедур, направленных на охрану и защиту почв: во-первых, как первооснову окружающей человека среды; во-вторых, здоровые, полноценные почвы являются основной производительной силой сельхозугодий, определяющей итоговый производственный результат: урожаем пашенных (посевных продовольственных и кормовых культур), пастбищ и сенокосов (зелеными кормами животных), потенциалом залежей и многолетних насаждений. Оптимизм эффективного исполь-

зования таких угодий снижают факторы деградации почвенного покрова, проявляющиеся в результате воздействия на него разнообразных природных и антропогенных процессов. Примером таковых являются мощные дождевые осадки, включающие дымовые выбросы близлежащих ТЭЦ. В результате возможен серьезный смыв наиболее плодородной, гумусовой части почвы и одновременное внесение в нее чуждых плодородию опасных для органической жизни химических веществ.

Мировая практика СХП [9] все более наращивает опыт разработки и внедрения системных принципов устойчивого развития и цифровых технологий, способных внести значимый вклад в формирование эффективных организационно-экономических и технологических условий производства, стабильный рост его продуктивности и производительности труда, экономии используемых ресурсов, сохранение плодородия почвы и обеспечение требуемого уровня экологической безопасности системы СХП.

В государственной программе «Цифровой Казахстан», принятой Правительством РК в декабре 2017 г. Одним из приоритетных направлений ее реализации определена активная цифровизация сельского хозяйства [10], которая наряду с системным решением проблемы его устойчивости (правовой, организационно-экономической, экологической, кадровой и др.) способна кардинально улучшить действенность указанного сектора экономики, обеспечивающую составляющим его производствам, в том числе фермерским хозяйствам, высокую итоговую результативность. К настоящему времени в РК реализуется целый ряд подобных проектов по разработке, трансферу и адаптации современных организационно-экономических и технологических решений, направленных на повышение устойчивости и цифровизацию отрасли. Последний аспект особенно привлекателен, поскольку связан с поэтапным внедрением не только оригинальных, но и привлекательных, эргономичных и очень востребованных в сельскохозяйственном производстве технологий точного земледелия (ТЗ) (рис. 2, 3). Технологии в составе электронных карт полей, регулярно собираемых точных метеоданных, программ расчета оптимальных сроков посева,

подкормки и уборки урожая, космического мониторинга состояния почв и возделываемых культур, других компонентов, включая экономические модели трансфера и полноценной реализации технологий ТЗ для разных типов хозяйств, не только перспективны для данной отрасли экономики, но и определяют общий технический прогресс государства.



Рис. 2. Основные элементы точного земледелия

Особое место в этом процессе занимает подготовка кадров и требуемой инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий. Поэтому здесь важно участие университетов, НИИ и опытных хозяйств, способных организовать центры коллективного пользования (ЦКП) для эффективного обучения и тиражирования таких технологий, подбора адекватных систем их субсидирования и консультирования. В число учредителей ЦКП могут войти хорошо известные в РК и за его пределами научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева и Агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана [9, 10]. В РФ подобная практика существует в основном в академической среде.

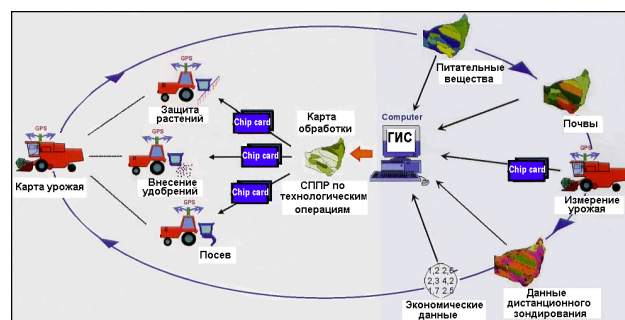


Рис. 3. Основные процессы СХП и их взаимодействие

Развитие и внедрение элементов комплекса технологий точного земледелия в этом случае упрощается, служит делу роста урожайности и производительности труда в аграрном секторе. Производитель приобретает возможность последовательной реализации элементов ТТЗ и, что не менее важно, принимать более обоснованные решения на основании должного спектра опытных данных. Внедрение элементов ТТЗ требует комплексного подхода: наряду с приобретением более качественных семян и новой сельхозтехники необходима подготовка кадров по реализации передовых идей в области современного, все более информатизируемого и машинозируемого СХП, уверенного владения приборной частью ТТЗ и обеспечивающей ее работу инфраструктурой.

Все названное определяет общую готовность и способность сельхозпроизводителей с применением ТТЗ, как показывает развивающаяся практика, обеспечить кратное повышение производительности труда и существенный рост продуктивности СХП. На это направлены все потенциальные возможности указанного технологического комплекса: оптимизация сроков проведения посевной, уборки урожая, работы систем орошения и внесения доз органических и минеральных удобрений, борьбы с вредителями и сорняками. Необходимыми условиями повышения устойчивости СХП к изменениям климата и влиянию иных негативных факторов является диверсификация возделываемых культур и интеграция в производственных системах таких элементов технологий земледелия, как новые способы минимальной обработки почвы; расчет сроков посева и уборки урожая; применение макро- и микроудобрений, биостимуляторов роста и развития посевных культур. На это способны интегрирующие указанные процессы информационные технологии, адаптированные к местным условиям.

При полномасштабной реализации программы цифровизации сельское хозяйство способно выйти на качественно новый уровень развития и стать еще более мощным драйвером экономики страны, реализации программных задач сельского хозяйства, продовольственной безопасности и качества сельской жизни.

Методы и материалы

Основным методом исследований рассматриваемой комплексной тематики стал системный подход к анализу современной системы аграрного землепользования, возможностям повышения ее устойчивости с позиций технологического, информационного и землеустроительного обеспечения, отвечающего содержанию все более развивающейся теории и практики современного, в том числе биологического (органического) земледелия, способного обеспечить высокий уровень поддержания почвенного плодородия и соответствующих урожаев, а также необходимые меры охраны и защиты земель от основных процессов их деградации. Исходными материалами стали практические результаты одного из авторов настоящей работы на объектах Акмолинской области РК, а также значительный объем данных из открытых источников [6–8, 10–12].

Результаты исследования

Состояние исследуемой проблемы на примере ее решения в рамках пилотного проекта [10] по развитию точного земледелия в Акмолинской области РК в 2018–2020 гг. показало, что начальный период становления реформируемого на пути устойчивого развития сельскохозяйственного производства развивается успешно. Данный вывод подтверждают положительно развивающаяся практика и активная теоретическая работа специалистов, подготовка профессиональных кадров, способных успешно освоить самые современные технологии, в частности точного земледелия с адаптацией их применения в условиях реального производства. Более сложными являются задачи, обусловленные реализацией принципов, условий и критериев устойчивого развития земледелия на сельскохозяйственных землях сухих степей с признаками проявления эрозии и потерь плодородия. При этом восстановление почвенного плодородия как основной функции здоровых почв является определяющим и одновременно сложным мероприятием в системе охраны земель, требующим качественного планирования и адекватной реализации программ их мелиорации

(рис. 4). Наиболее проблемный компонент здесь – требуемая специализированная мелиоративная система, включающая, например, в аридной зоне землепользования гидротехнические сооружения, обеспечивающие орошение полей и обводнение пастбищ, защитные лесные насаждения, определенный состав и режим культурно-технических процедур. В частности, среди таковых: упорядоченное водопользование с применением прогрессивной дождевальной техники, снижение оросительных норм (до 3 тыс. м³/га) и орошаемых участков с целью стабилизации уровня грунтовых вод, предупреждения засоления полей и вымывания гумуса. Отметим перспективность лиманного орошения, обеспечивающего лучшие гидротермический режим и продуктивность кормовых угодий. На рис. 4 показаны возможности повышения качества деградированных почв сельхозугодий современными мелиорациями – эффективного инструментария субъекта устойчивого землепользования.



Рис. 4. Концептуальная модель повышения природно-ресурсного потенциала деградированных сельскохозяйственных угодий средствами комплексной мелиорации

В программах восстановления степных угодий актуальными являются мелиорации противоэрозионные со своим содержанием организации территории: особым размещением культур, применением сложных севооборотов, использованием контурной обработки почв, ее гребнистой вспашкой и прерывистым боронованием, мульчированием, регулированием водостоков, включая периоды таяния снежного покрова и ливневых дождей. При необходимости проводят определенные гидротехнические работы, которые возможно заменить элементами лесомелиорации с возможной оптимизацией окружающей среды. Лесомелиоративные комплексы всегда актуальны и имеют долговременный положительный эффект, определяя более качественный эколого-ландшафтный каркас и соответствующий эффект. Реализация подобных технологий посильна лишь квалифицированным специалистам – субъектам УЗП, что является существенным фактором формирования кадровой составляющей устойчивого производства.

На рис. 5 представлена доля эрозионно-деградированных сельхозугодий в Акмолинской области, значение которой требуется регулярно контролировать и периодически снижать внедрением наиболее эффективных мелиораций, в том числе с применением инновационных предложений. Тем не менее данные графика показывают в целом удовлетворительное качество состояния земель и ответственность системы охраны земель в регионе.

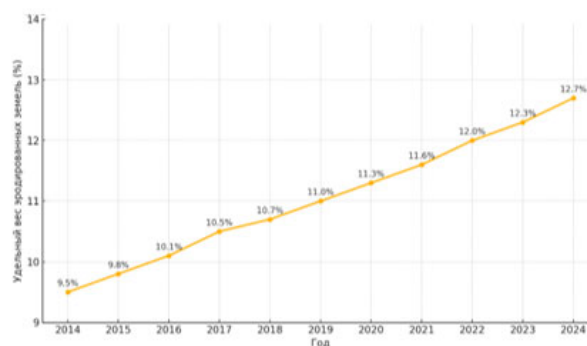


Рис. 5. Доля эрозионно-деградированных сельхозугодий в Акмолинской области РК (2014–2024 гг.); наблюдается ее десятилетний рост с 9,5 до 12,7 % в 2024 г.

Приведем пример анализа результатов исследования качества почв [12] одного из земельных участков – объекта, указанного выше: пилотного проекта в подзоне южных карбонатных черноземов на землях НПЦЗХ им. А. И. Бараева (на его полевом демонстрационном полигоне точного земледелия в Акмолинской обл.). С этой целью использованы результаты [10] комплекса лабораторно-полевых и полевых методов исследований, а для их анализа – известные методы обработки данных.

Проведена оценка эффективности гербицидов, ядохимикатов и стимуляторов роста, использованы методики выявления вредителей полевых культур, их численность и экономические пороги вредоносности. Структура урожая определялась по методикам ГСИ сельскохозяйственных культур: в растительных образцах: динамика накопления сырой

и сухой массы по изучаемым культурам; содержание NPK в основной и побочной продукции в начале и в конце вегетации – по Гинзбург и Щегловой (азот – по Къельдалю, фосфор – колориметрически, калий – на пламенном фотометре), содержание сырого протеина. Обработка урожайных данных изучаемых сортообразцов проведена методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову. Отбор проб почвы проведен по «Методике отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений».

При отработке системы ТТЗ и ее адаптации использовалась нормативная документация [10] на соответствующие виды оценок, действующая в РК. В частности, расчет ожидаемой экономической эффективности выполнен согласно СТ РК ГОСТ Р 53056 (рис. 6).



Рис. 6. Опытный участок по отработке технологий органического земледелия

Результаты агрохимического анализа почв показали высокую внутрипольную вариабельность по азоту и фосфору на всех полях объекта. Наиболее высокие значения отмечены по N-NO₃ на одном из полей с коэффициентом вариации 72 %. Высокая степень варьирования отмечена по содержанию подвижного фосфора. Содержание обменного калия на всех обследуемых полях было высокое, со слабой степенью варьирования. Реакция почвенной среды рН – среднещелочная, содержание гумуса – в пределах 3,21–3,48 %. Внутрипольная вариабельность содержания показателей на каждом поле невысокая, и по калию колебалась от 8 до 14 %, по рН – 1–1,2 %, по органическому веществу – от 11 до 17 %.

На основе данных агрохимического обследования были сформированы карты вариабельности показателей почвенного плодородия (азот, фосфор) полей на опытных участках (см. рис. 3, 4) и на их основе рабочие

карты дифференцированного внесения азотных и фосфорных удобрений.

Выполненное исследование позволило сформировать базовый перечень основных технологических процессов (табл. 1) возделывания с/х культур с применением современной техники, в том числе ТТЗ [10–13] учета специализации региона, его почвенных зональных особенностей, и представить его в виде технологических карт (ТК), определяющих упорядоченный набор необходимых операций и работ агротехнического характера, направленных на получение хорошего урожая.

Особенности их содержания: процессы минимальной предпосевной обработки почв (No-Till), применение плодово-семенных севооборотов (с эффектом корнеоборота), дифференцированное использование средств защиты растений и современных минеральных комплексов с особым вниманием к использованию органики (постуборочных стерни, солом, сеяния сидератов).

Таблица 1

Перечень технологических процессов на возделывание зерновых культур (пшеницы, ячменя) по прогрессивным технологиям

Технологические процессы	Технология обработки почвы		
	Почвозащитная	Минимальная	Нулевая
Обработка пара			
Плоскорезная глубокая обработка (осенью после уборки)	+	±	–
Первое снегозадержание	+	–	–
Второе снегозадержание	+	–	–
Ранневесеннее боронование	+	+	–
Прикатывание почвы	+	–	–
Первая культивация	+	+	–
Вторая культивация с посевом кулис	+	+ (без посева кулис)	–
Гербицидная обработка	–	+	+ (два раза)
Третья культивация	+	–	–
Плоскорезная глубокая обработка	+	±	–
1-я культура после пара (пшеница, ячмень)			
Ранневесеннее боронование	+	+	+
Прикатывание почвы	+	–	–
Химическая обработка перед посевом	–	±	+
Предпосевная культивация с последующим прикатыванием	+	±	–
Посев	+	+	+
Прикатывание посевов	+	±	–
Гербицидная обработка по вегетации	+	+	
Уборка зерновых	+	+ с формированием стерневых кулис	
Очистка зерна	+	+	+
2–3-я культура после пара			
Первое снегозадержание	+	–	–
Второе снегозадержание	+	–	–
Ранневесеннее боронование	+	+	–
Прикатывание почвы	+	–	–
Химическая обработка перед посевом	–	+	+
Предпосевная культивация с последующим прикатыванием	+	±	–
Посев	+	+	+
Прикатывание посевов	+	±	–
Гербицидная обработка	+	+	
Уборка	+	+ с формированием стерневых кулис	
Очистка зерна	+	+	+
Основная обработка (плоскорезная) глубокая обработка или щелевание)	+	±щелевание	–

Важнейшей частью обеспечения устойчивости СХЗ является стабильность его границ, подтверждаемая материалами государствен-

ного кадастра (реестра недвижимости – ЕГРН). Требуемые координатные определения в отношении землепользований и их от-

дельных объектов осуществляется известными способами, используя пункты государственной геодезической сети (ГГС) РК, воссозданной в рамках глобального проекта «Национальная инфраструктура пространственных данных Республики Казахстан» [14].

Отметим, что данная ГГС реализует современную государственную систему координат QazTRF-23 (Qazaqstan Terrestrial Reference Frame 2023 г. со своей земной отсчетной основой 2023 г.) с включенными в нее постоянно действующими референсными станциями (CORS), обеспечивающими высокое качество геодезических и картографических данных, используемыми также для дальнейшего развития инфраструктуры пространственных данных РК. Благодаря внедрению QazTRF-23 существенно возросла точность геодезических определений, перспективы территориального планирования и градостроительной деятельности в целом, создания систем управления данными.

Одна из наиболее существенных проблем массового формирования устойчивых сельскохозяйственных землепользований в степной зоне определена невысоким качеством основных объемов земель, обусловленным нехваткой должного количества органического вещества, особенно гумусовых веществ и целого ряда микроэлементов. Это касается прежде всего земель, освоенных в 1960–1970-х гг. в эпоху целины, относящихся к классу дерново-подзолистых супесчаных и песчаных с изначально невысокой продуктивностью, которые в значительной степени исчерпали свой природный потенциал плодородия и требуют серьезных восстановительных культурно-технических мер в отношении положительного баланса почвенного гумуса, микроэлементов (подвижных форм цинка, кобальта и др.) и элементов питания [14–18].

Например, экологический оптимум почвенных характеристик для озимой пшеницы можно определить следующими показателями: содержание гумуса $>3-4\%$, запасы органического вещества 300–600 т/га, что достаточно для обеспечения почв азотом и фосфором; плотность корнеобитаемой толщи около 1,35 г/см³; хорошая оструктуренность профиля; близкая к нейтральной реакция среды и связанная с этим слабая выщелоченность почв от ще-

лочнотерrestrialных катионов, высокое содержание доступных растениям кальция, магния, калия, кремния, серы, железа и микроэлементов. Такие условия характерны для глубоких структурных легко- и тяжелосуглинистых почв. Легкие, особенно песчаные и супесчаные, почвы для пшеницы малопродуктивны, как и тяжелые бесструктурные почвы. Неблагоприятны и различные типы слитоземов – слитые черноземы, заболоченные, пониженные места рельефа. Лучше всего размещать озимую пшеницу на участках с незначительным восточным или западным склонами.

Отметим, что агрокомпании приграничных регионов многократно используют свои угодья под близкие культуры с невысокой продуктивностью, игнорируя внедрение эффективных севооборотов. Результат – отрицательный баланс гумуса и тенденция к его уменьшению, в том числе из-за неиспользования имеющихся в хозяйстве органических удобрений: сидеральных культур, соломы, навоза и т. д. Для бездефицитного баланса гумуса необходимо ежегодно вносить на гектар посева не менее 10 тонн органических удобрений.

Учитывая роль гумуса как фактора плодородия почвы и основного энергетического материала в получении высоких урожаев, важно знать методику расчета его баланса и определять нормы органических удобрений для покрытия их дефицита и воспроизводства почвенного плодородия [10].

К каждому из технологических процессов разрабатывается описательная и нормативная часть, включающая назначение, условия, требования к процессу и требования к агрегату. Формирование требований происходит на основании рекомендаций НИИ сельского хозяйства и опытных станций, трудов научно-исследовательских и учебных институтов, монографий и других материалов (табл. 2).

В целом, сформированные агротехнические требования состоят из 20 основных технологических процессов, которые могут применяться как для возделывания зерновых культур (пшеницы, ячменя), так и для возделывания кукурузы на силос, сои. Это связано с тем, что одни и те же технологические процессы (снегозадержание, ранневесеннее боронование, предпосевная культивация, прикатывание т. д.) могут быть использованы для возделывания разных культур по различным технологиям.

Таблица 2

Технологическая карта разработки научно-методического обеспечения охраны земель в системе устойчивого развития землепользования (Акмолинская область)

Этап технологического процесса	Содержание работ	Методы и инструменты	Результаты
Диагностика состояния земель	Оценка структуры и качества земель, степени деградации	ГИС-анализ, NDVI, дистанционное зондирование, мониторинг	Картосхемы, аналитический отчет
Формирование индикаторов устойчивости	Разработка системы индикаторов устойчивости: продуктивность, эрозия, нагрузка на пастбища	Экологические и агрономические показатели, нормативные базы	Комплекс индикаторов устойчивости
Пространственный анализ и районирование	Выделение агроэкологических и деградационных зон	ГИС-моделирование, анализ почвенно-ландшафтных условий	Карта агроэкологического районирования
Разработка модели устойчивого землепользования	Подбор адаптированных технологий и принципов устойчивости	Сценарный анализ, сравнительный метод, экспертные оценки	Региональная модель устойчивого землепользования
Разработка методических указаний	Создание инструкций и рекомендаций для внедрения устойчивых практик	Анализ законодательства, адаптация международного опыта	Методические рекомендации и регламенты
Внедрение и мониторинг	Пилотные проекты, сопровождение внедрения, контроль	Цифровые платформы, обратная связь, индикативный контроль	Практическое внедрение и оценка эффективности

Обсуждение результатов

Современные технологии, включая точное земледелие, в современный период становятся неотъемлемой частью сельскохозяйственного производства, определяют развитие более совершенных методов, позволяют фермерам оптимизировать использование ресурсов, повышать урожайность и одновременно снижать воздействие на окружающую среду. Подобные технологии нацелены охватывать практически все этапы сельскохозяйственного производства – от подготовки почвы и посева до сбора урожая и его обработки, что все более повышает их роль в формировании современных устойчивых землепользований. Определяющим фактором точного земледелия является внедрение современной машинной техники: тракторов, сеялок, систем для внесения удобрений и защиты растений, оснащенных современными сенсорами и GPS-устройствами. Такая техника обеспечивает высокое качество и точность выполнения агротехнических операций, минимизирует ручной труд человека, повышает качество производства и его эффективность.

Система точного земледелия позволяет оперативно и строго контролировать состояние почв и возделываемых растений, эффек-

тивности использования удобрений и средств защиты растений; определяет новые возможности повышения устойчивости агроландшафтов и деятельности агропроизводителей. Так, технологии дифференцированного внесения удобрений, в частности органо-минеральных типа диаммофоски, позволяют точнее дозировать количество необходимых веществ в зависимости от состояния каждого участка поля, обеспечивая экономию средств и снижение негативного воздействия (механического и химического) на окружающую среду. Такие технологии способствуют более рациональному использованию водных ресурсов. В частности, автоматические системы полива обеспечивают оптимальное увлажнение почвы в зависимости от ее состояния, экономят воду и не заблачивают орошаемые земли. Это особенно важно в условиях динамики современного климата, роста летних температур и общего дефицита водных ресурсов. В этой связи инновационные машины для точного земледелия становятся важнейшим фактором повышения устойчивости АПК, его экологической безопасности. Внедрение таких технологий способствует повышению производительности и росту качества продукции, улучшает конкурентоспособность сельскохозяйственного сектора. Особая роль принадлежит беспилотным технологиям, все более вос-

требуемым в сельском хозяйстве. Беспилотные тракторы и БПЛА – системы, обеспечивающие данные мониторинга полей, открывают новые возможности для автоматизации основных этапов сельскохозяйственного производства, могут работать с высокой эффективностью, способствуя производительности труда и экологической устойчивости аграрного производства, более точно определять его потребности в удобрениях и средствах защиты растений, способствовать снижению загрязнения окружающей среды и уменьшению химической нагрузки на экосистемы.

При этом точное земледелие, как и иные современные технологии, сталкиваются с рядом вызовов, среди которых: подготовка и переподготовка кадров; высокие первоначальные затраты на приобретение специализированной техники; необходимость ее технического обслуживания, актуализации программного обеспечения и данных, обеспечение адаптивности таких технологий к изменениям климатических условий. Все это требует постоянного внимания специалистов и долгосрочных инвестиций. Но вызовы преодолимы, в частности, при наличии центров коллективного пользования, работающих с поддержкой государственных структур. Вместе с тем, перспективы точного земледелия и современных мелиораций, особенно с использованием искусственного интеллекта, выглядят многообещающими, открывают новые горизонты устойчивого развития для агропроизводителей, особенно малого и среднего бизнеса и сельскохозяйственного производства в целом.

Выводы

В заключение сделаем следующие выводы:

– современные инновационные подходы к совершенствованию систем земледелия,

трансформации их внутреннего содержания и особого внимания к формированию устойчивых землепользований как базису устойчивых форм сельскохозяйственного производства, в частности растениеводства Республики Казахстан, с его возможными организационно-экономическими моделями и формами, достигли высокого уровня развития, способного определить его как начальный период устойчивого развития данного направления аграрной экономики;

– особого внимания в ней, тем не менее, требует охрана сельскохозяйственных угодий, в частности своевременность и комплексность проведения специальных мелиораций, обеспечивающих воспроизводство их основных качеств, включая почвенное плодородие;

– активное развитие точного земледелия и иных инновационных технологий, играющих принципиально важную роль в оптимизации сельскохозяйственного производства, определяют его все более масштабируемый, разносторонне возрастающий интеллектуальный потенциал, требующий соответствующего качества подготовки кадров, адекватных программ территориально-пространственного развития и систем жизнеобеспечения;

– велика роль современных специалистов, особенно на селе, способных поднять на нужные высоты не только уровень отечественного АПК, но и свою профессию, прежде всего умением решать сложные задачи геопро пространственного и землеустроительного обеспечения современных, в значительной степени потенциально устойчивых землепользований с их качествами высокой востребованности, экологичной продуктивности и привлекательности внутреннего и внешнего содержания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Его имя помнят хлебные нивы [Электронный ресурс]. URL: <https://akmolinform.kz/egomya-pomnyat-khlebnnye-nivy/?ysclid=miju6pe2ab46279581> (дата обращения 08.09.2025).
2. Дерюгина И. В. Сельское хозяйство Казахстана: четверть века аграрных реформ [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/selskoe-hozyaystvo-kazahstana-chetvert-veka-agrarnyh-reform/viewer> (дата обращения 08.10.2025).
3. Гордость сельскохозяйственной науки. Казахстанская правда от 29.02.2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://kazpravda.kz/n/gordost-selskohozyaystvennoy-nauki/?ysclid=mijxvq4x-3k229107408> (дата обращения 08.09.2025).

4. Долматова О. Н. Устойчивое землепользование как основа формирования эффективного сельскохозяйственного производства. Вестник ОмГАУ. 2016. №3 (23). С. 165–173.
5. О Концепции перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007–2024 годы. [Электронный ресурс] : Указ Президента Республики Казахстан от 14.11.2006 № 216. URL: https://adi-let.zan.kz/rus/docs/U060000216_ (дата обращения: 22.09.2025).
6. Есжанова Т. С., Ильиных А. Л. Проблемы устойчивого развития и его задачи в сфере земельных отношений, землеустройства и кадастра. Вестник СГУГиТ. 2023. Т 28, № 6. С. 99–103. DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-6-99-104.
7. Глобальная экономика. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.theglobaleconomy.com/> (дата обращения 14.09.2025).
8. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2022 год [Электронный ресурс]. Астана, 2023. URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/land/documents/details/579164?lang=ru>. (дата обращения 08.09.2025).
9. Дюсенбеков З. Д. Проблемы рационального использования потенциала земельных ресурсов Республики Казахстан и его охраны. Земельные ресурсы Казахстана, 2004. № 5 (44). С. 4–10.
10. Отчет о НИР «Трансферт и адаптация технологий точного земледелия при производстве продукции растениеводства по принципу демонстрационных хозяйств (полигонов) в Ақмолинской области» [Электронный ресурс]. Научный руководитель: акад. НАН РК М. К. Сулейменов (рук.) URL https://nauka.kz/page.php?page_id=956&id=39803&ysclid=mi-mnrx4nyn566963830 (дата обращения 29.08.2025).
11. Мельников В. П. Автоматизация процессов в сельском хозяйстве: новые подходы и технологии. М. : Науч. изд. «Экономика», 2019. 126 с.
12. Добротворская Н. И. Агрэкологическая типизация земель – необходимый этап в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. Т. 1, № 50. С. 7–17.
13. Уварова Е. Л. Применение цифровых технологий при проведении мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Вестник СГУГиТ. 2024. Т. 29, № 6. С. 165–177. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-165-177.
14. Землеустроительные, кадастровые, геодезические работы для обеспечения стабильности и эффективности развития экономики России : матер. науч.-практ. конф. ОмГАУ. Омск: ОмГАУ, 2005. – 380 с.
15. Удалов В. В., Назаренко О. Г. Структура агроландшафтов и комплексная оценка экологической ситуации в них. Аридные экосистемы. ДонГАУ. 2003. Том 9, № 18. С. 68 – 74.
16. Кузнецов А. Н., Дмитриева Н. В. Экологические проблемы интенсивного сельского хозяйства. Агротомия и экология. 15 (3). 2021. С. 102–114.
17. Варламов А. А., Гальченко С. А., Ключин П. В. Организационно-экономический механизм восстановления деградированных почв : монография. М.: ГУЗ, 2013. 236 с.
18. Есипенко С. В. Эффективность применения поликомпонентных удобрений под озимую пшеницу, возделываемую на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Дисс. канд. с.-х. наук. Есипенко Сергей Владимирович. 2013. 36 с.

REFERENCES

1. The grain fields remember his name. Retrieved from <https://akmolinform.kz/ego-imyа-pomnyat-khlebye-nivy/?ysclid=miju6pe2ab46279581> [in Russian].
2. Deryugina I. V. Agriculture in Kazakhstan: a quarter century of agrarian reforms. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/selskoe-hozyaystvo-kazahstana-chetvert-veka-agrarnyh-reform/viewer> [in Russian].
3. The pride of agricultural science. *Kazakhstanskaya Pravda [Kazakhstanskaya Pravda]*, February 29, 2024. Retrieved from <https://kazpravda.kz/n/gordost-selskohozyaystvennoy-nauki/?ysclid=mijxvq4x3k229107408> [in Russian].
4. Dolmatova O. N. (2016) Sustainable land use as a basis for the formation of efficient agricultural production *Vestnik of Omsk SAU [Vestnik of Omsk SAU]*, T 23. No. 3. P. 165-173 [in Russian].
5. On the Concept of transition of the Republic of Kazakhstan to sustainable development for 2007-2024. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated November 14, 2006 No. 216. Retrieved from https://adilet.zan.kz/rus/docs/U060000216_ [in Russian].

6. Eszhanova T. S., Ilyinykh A. L. (2023). Problems of sustainable development and its tasks in the field of land relations, land management and cadastre. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SGUGiT]*, Vol. 28, No 6, pp. 99 -103. DOI: 10.33764/2411-1759-2023-28-6-99-104 [in Russian].
7. Global economy. Retrieved from <https://ru.theglobaleconomy.com/> [in Russian].
8. Summary analytical report on the state and use of the lands of the Republic of Kazakhstan for 2022. Astana, 2023. Retrieved from <https://www.gov.kz/memleket/entities/land/documents/details/579164?lang=ru> [in Russian].
9. Dyusenbekov, Z. D. (2004). Problems of rational use of the potential of land resources of the Republic of Kazakhstan and its protection. *Land resources of Kazakhstan. [Land resources of Kazakhstan]*, No. 5 (44), pp. 4–10. Retrieved from <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/issue/view/23/37> [in Russian].
10. Research report "Transfer and adaptation of precision farming technologies in the production of crop production based on the principle of demonstration farms (landfills) in the Akmola region". Scientific supervisor: akad. NAS RK M. K.Suleimenov (Director). Retrieved from https://nauka.kz/page.php?page_id=956&id=39803&ysclid=mimnrx4nyn566963830 [in Russian].
11. Melnikov V. P. (2019) Process automation in agriculture: new approaches and technologies. M. : Scientific ed. "Economics", 126 p. [in Russian].
12. Dobrotvorskaya N. I. Agroecological land classification is a necessary step in the design of adaptive landscape farming systems. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta]*. T 1. No. 50. P. 7 – 17 [in Russian].
13. Uvarova, E. L. (2024). The use of digital technologies in monitoring agricultural lands *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGiT]*. T 29. No. 6. P. 165–177. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-165-177 [in Russian].
14. Land management, cadastral, geodetic works to ensure the stability and efficiency of the development of the Russian economy. Omsk : Omsk SAU. (2005), 380 p. [in Russian].
15. Udalov V. V., Nazarenko O. G. (2003) The structure of agrolandscapes and a comprehensive assessment of the ecological situation in them. *Arid ecosystems [Arid ecosystems]*. T 9. No. 18. P. 68 – 74 [in Russian].
16. Kuznetsov, A. N., Dmitrieva, N. V. (2021). Environmental problems of intensive agriculture *Agronomy and ecology [Agronomy and ecology]*. T 15. No. 3. P. 102-114 [in Russian].
17. Varlamov A. A., Galchenko S. A., Klyushin P. V. (2013) Organizational and economic mechanism of restoration of degraded: monograph. M. : GUZ, 236 p. [in Russian].
18. Esipenko S. V. (2013). The effectiveness of the use of polycomponent fertilizers for winter wheat cultivated on leached chernozem of the Western Ciscaucasia; dissertation of the Candidate of Agricultural Sciences, 36 p. Retrieved from <https://www.dissercat.com/content/effektivnost-primeneniya-polikomponentnykh-udobrenii-pod-ozimuyu-pshenitsu-vozdelyvaemuyu-na> [in Russian].

Об авторах

Тазакуль Сулейменовна Есжанова – аспирант, старший преподаватель кафедры кадастра.

Анастасия Леонидовна Ильиных – кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования.

Валерий Борисович Жарников – кандидат технических наук, профессор, доцент кафедры кадастра и территориального планирования.

Author details

Tazakul S. Eszhanova – Ph. D. Student, Senior Lecturer, Department of Cadastre.

Anastasia L. Ilynykh – Ph. D., Associate Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning.

Valery B. Zharnikov – Ph. D., Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning.

Получено / Received 17.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 10.12.2025

Принята к публикации / Accepted 15.12.2025