

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

О формировании устойчивого сельскохозяйственного землепользования в Республике Казахстан

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

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: tazagyl.es@mail.ru

Аннотация. Проблема сохранения и рационального использования земель является первоочередной в системе управления национальными земельными ресурсами Республики Казахстан, особенно это касается аграрной сферы. Ее реализация в настоящее время определило задачу формирования экологически устойчивых и экономически эффективных землепользований, требующих качественно иного, по сравнению с традиционным, технологического обеспечения. Рассмотрены основные направления решения данной задачи в системе так называемого точного земледелия, основанного на применении современной инновационной техники и аэрокосмических средств информационного обеспечения потребностей сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: землепользование устойчивое развитие, охрана земель, агрохимический анализ почв, технологии точного земледелия, аэрокосмический мониторинг

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

The formation of sustainable agricultural land use in the Republic of Kazakhstan

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

²Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: tazagyl.es@mail.ru

Abstract. The conservation and rational use of land is a priority in the national land resource management system of the Republic of Kazakhstan, particularly in the agricultural sector. Its current implementation has defined the task of developing environmentally sustainable and economically efficient land use patterns, requiring a qualitatively different technological approach compared to traditional ones. The main approaches to precision farming, based on the use of modern innovative technology and aerial monitoring of agricultural land, are discussed.

Keywords. land use, sustainable development, land conservation, agrochemical soil analysis, precision farming technologies, aerospace monitoring

Введение

Мировая практика сельскохозяйственного производства (СХП) все более наращивает опыт разработки и внедрения цифровых технологий, способных внести значимый вклад в формирование эффективных организационных и технологических условий производства, рост его продуктивности и производительности

труда, экономию используемых ресурсов, сохранение плодородия почвы и обеспечения требуемого уровня экологической безопасности системы СХП. В Государственной программе "Цифровой Казахстан", принятой Правительством Республики Казахстан (РК) в декабре 2017 года, одним из приоритетных направлений ее реализации определена активная цифровизация сельского хозяйства [1], которая наряду с иными ключевыми направлениями (обновление сельхозтехники, развитие животноводства, интенсивное введение орошаемых земель, борьба с эрозией почв) способна кардинально улучшить сельскохозяйственное производство страны. К настоящему времени в РК реализуется ряд подобных проектов по разработке, трансферту и адаптации современных технологических решений в области, направленных на цифровизацию отрасли. Одно из важных направлений здесь [2] - поэтапное внедрение технологий точного земледелия (ТТЗ), в составе которых: электронные карты полей; регулярно точные метеоданные, программы расчета оптимальных сроков посева, подкормки и уборки урожая, космического мониторинга состояния почв и возделываемых культур, другие решения, включая экономические модели трансфера и полноценной реализации ТТЗ для разных типов хозяйств. Особое место в этом процессе занимает подготовка кадров и требуемой инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий. Поэтому здесь важно участие университетов, НИИ и опытных хозяйств, способных организовать и провести эффективное обучение, осуществить тиражирование таких технологий и подобрать адекватную систему их субсидирования. В числе таких учреждений следует назвать хорошо известные в РК и за его пределами: Научно – производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева и Агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллин, г. Астана [3, 4]. В России подобную тематику разрабатывают многие научные коллективы: РАН, Минобрнауки РФ, Министерство сельского хозяйства РФ, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Новосибирский государственный аграрный университет, другие научно – производственные организации.

Развитие и внедрение элементов комплекса технологий точного земледелия (ТТЗ) в этом случае упрощает деятельность в регионах РК, служит делу роста урожайности и производительности труда в аграрном секторе. Производитель приобретает возможность последовательной реализации элементов ТТЗ и, что не менее важно, принимать решения на основании должного спектра данных, поступающих в режиме реального времени о состоянии посевов, влаги, необходимых питательных элементов (азота, калия, фосфора и др.), наличия вредителей, вероятных осадков. Внедрение элементов ТТЗ должно осуществляться в комплексе с приобретением более качественных семян, новой сельхозтехники, подготовкой кадров по реализации передовых идей в области современного, все более информатизируемого СХП, уверенного владения ТТЗ и обеспечивающей ее работу инфраструктурой.

Все это определяет общую готовность сельхозпроизводителей и способность ТТЗ, как показывает развивающаяся практика, обеспечить кратное повышение производительности труда и существенный рост продуктивности СХП. На это направлены все потенциальные возможности технологического комплекса: оптимизации

сроков проведения посевной, уборки урожая, «умного полива», работы систем внесения требуемых доз 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 машинных системах таких элементов технологий земледелия, как новые системы минимальной обработки почвы; расчет сроков посева и уборки урожая; прямой посев; применение и внесение макро- и микроудобрений, биостимуляторов роста и развития посевных культур; интегрирующие указанные процессы информационные технологии, адаптированные к местным условиям [4, 5].

При полномасштабной реализации программы цифровизации сельское хозяйство способно выйти на качественно новый уровень развития и стать драйвером экономики страны, при этом обеспечивается реализация намеченных задач программы цифровизации сельского хозяйства по повышению урожайности и производительности труда, сохранению продовольственной безопасности страны.

Методы и материалы

Теоретическими и методологическими основами исследования являлись научные работы отечественных и зарубежных ученых. В качестве информационной базы использовались монографии, учебники, журнальные статьи, материалы научных конференций и семинаров, интернет-источники, законодательные акты и нормативные документы.

Была проведена патентно-информационная проработка научно-исследовательских работ по данной тематике для корректировки планов реализации проекта.

При реализации проекта использованы лабораторные, лабораторно-полевые и полевые методы исследований. Для математического анализа результатов эксперимента применялись методы статистической обработки полученных данных.

Почвенные карты получены из открытых геопорталов Министерства сельского хозяйства (МСХ) РК.

К каждому из технологических процессов разрабатывается описательная и нормативная часть, включающая следующие моменты, а именно: назначение, условия, требования к процессу и требования к агрегату. Формирование требований происходит на основании рекомендаций НИИ сельского хозяйства и опытных станций зоны, трудов научно-исследовательских и учебных институтов, монографий и других материалов.

В целом, сформированные агротехнические требования состоят из 20-ти 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.

Основной проблемой исследований пилотного проекта по развитию точного земледелия в Акмолинской области РК стала адаптация современных технологий точного земледелия. В перечне основных задач определен: внедрение современных системы управления техникой и анализа хозяйственной деятельности предприятий; разработка экономических моделей внедрения точных технологий для разных типов хозяйств Акмолинской области, с расчетом затрат на применение выработанных технологий на 1 га, анализ их окупаемости в результате роста производительности с указанием сроков; создание требуемых биопрепаратов для повышения урожайности возделываемых культур; разработка типовых технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур с учетом элементов точного земледелия; разработка методических рекомендаций по широкомасштабному тиражированию и адаптации технологии точного земледелия с учетом почвенно-климатических условий возделывания; разработка производственной сельскохозяйственной системы хозяйства, направленной на оптимизацию долговременной, изменяющейся в рамках всего хозяйства продуктивности, при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду; разработка технологических приемов для целенаправленной дифференцированной обработки отдельных частей поля, с учетом мелкомасштабных особенностей природных условий. Разработать агротехнические параметры ведения растениеводства, включающие осуществление технологических операций в соответствии с электронной картой полей и спецификацией региона; формирование оптимальных комплексов машин и оборудования для реализации перспективных технологий возделывания кукурузы, сои, пшеницы и ячменя по системе точного земледелия.

Наблюдения за развитием растений проводились по общепринятым методикам государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Исследования по фотосинтетической деятельности и продуктивности агробиоценозов культур проводились по унифицированной методике А. А. Ничипоровича и др., основные фазы роста и развития растений в динамике. Запасы продуктивной влаги в почве определялись весовым методом по 10-сантиметровым слоям почвы до глубины 1 м. Учет засоренности посевов проводился количественно-весовым методом на всех делянках опытов перед посевом изучаемых культур, в определенные фазы всходов, роста и развития, в конце вегетации перед уборкой урожая, путем подсчета сорных растений на 1 кв. м в трехкратной повторности. Видовой состав сорных растений определялся по определителю сорных растений, полевым определителям и гербарию сорных растений ГУ «РМЦ фитосанитарной диагностики и прогнозов». В исследованиях проводилась оценка эффективности гербицидов, ядохимикатов и стимуляторов роста. При разработке систем защиты растений от вредных организмов использовались методики выявления вредителей полевых культур их численность и экономические пороги вредоносности. Структура урожая определялась перед уборкой по методикам ГСИ сельскохозяйственных культур. В растительных образцах определялись: 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. В почвенных образцах в агрохимических

лабораториях определялся: гумус - по И.В.Тюрину; подвижные формы N, P, K – нитратный азот (N-NO_3) по Грандваль–Ляжу, аммиачный азот с реактивом Несслера, подвижный фосфор - в 1%-углеаммонийной вытяжке по методу Мачигина Б.А. с последующим определением на фотоколориметре, подвижный фосфор по Чирикову. Определение основных показателей качества сельскохозяйственных культур велось на приборе «Инфралюм ФТ-10». Математическая обработка урожайных данных изучаемых сортообразцов проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием программного обеспечения *AGROS-1* (версия 2.09 – 2.11/1993-2009). Расчеты экономической эффективности проведены по Горя В.С. и др. Отбор проб почвы для целей точного земледелия проведен по «Методике отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений» [5-16].

При совершенствовании перспективных сортов яровой пшеницы использовались методы выделения и очистки ДНК, полимеразной цепной реакции (ПЦР), электрофореза в агарозном и полиакриламидном гелях, методы культуры *in vitro*. Определение нуклеотидной последовательности осуществлялось с использованием ДНК-анализатора ABI PRIZM 3730 (Applied Biosystems). Уровень генетического разнообразия изучался с использованием специфических генов и маркеров SSR, SNP и IRAP. Подбор кандидатов генов для пшеницы проведен по базе данных GrainGenes: <http://wheat.pw.usda.gov/GG2/>. Подбор ПЦР праймеров и микропроб проведен с помощью программы FasPCR (<http://primerdigital.com/fastpcr.html>). Гомозиготные дигаметоидные линии для создания ценных генотипов пшеницы получены с помощью андрогенеза *in vitro*.

При разработке системы машин и адаптации оборудования для реализации перспективных технологий возделывания сельскохозяйственных культур по системе точного земледелия использовалась нормативная документация на соответствующие виды оценок, действующая в РК. Условия проведения сравнительных испытаний определялись по ГОСТ 20915. Оценка функциональных показателей проведена в соответствии с требованиями ГОСТ 31345, СТ РК 1559, ГОСТ 28301. Основные показатели энергетической оценки показаны в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52777. Показатели эксплуатационно-технологической оценки определялись в соответствии с ГОСТ Р 52778. Расчет ожидаемой экономической эффективности выполнен согласно СТ РК ГОСТ Р 53056.

Полевая часть. Полевые и производственные исследования проводились в подзоне южных карбонатных черноземов на землепользованиях ТОО «НПЦЗХ им. А. И. Бараева» на полевом демонстрационном полигоне точного земледелия (Акмолинская обл.) и научно-исследовательских опытных участках, в подзоне южных черноземов (Костанайская обл., Костанайский район). В научно-исследовательской работе использованы сертифицированные и апробированные методики.

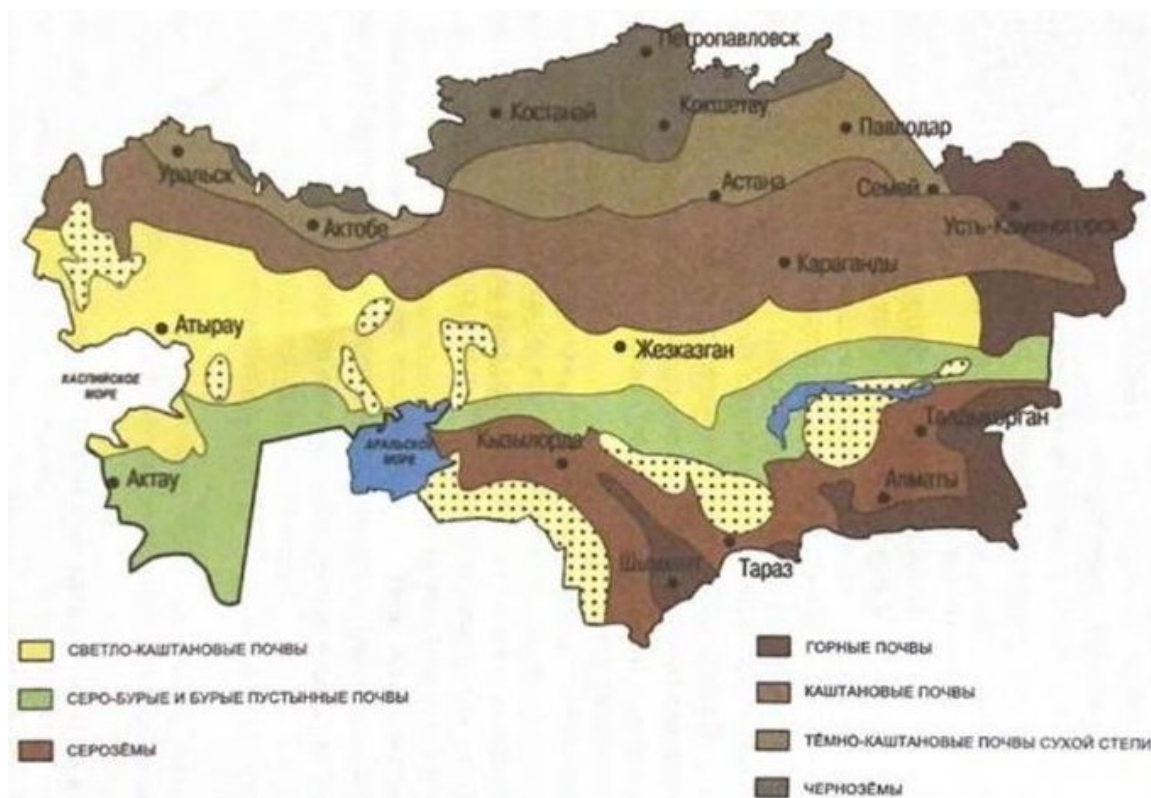


Рис. 1. Почвенная карта РК: почвы ее северной части в основном степные каштановые и черноземы

Доля эрозионно-деградированных сельхозугодий в Акмолинской области РК (2014–2024 гг.) приведена на рисунке 2.

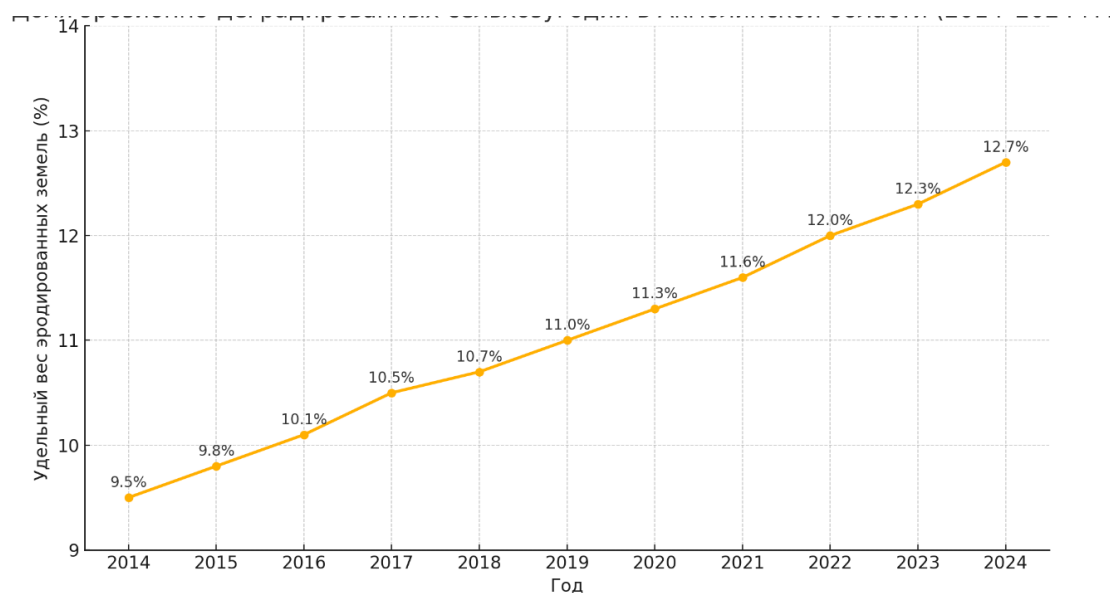


Рис. 2. Доля эрозионно-деградированных сельхозугодий в Акмолинской области РК (2014–2024 гг.), наблюдается ее десятилетний рост с 9,5 до 12,7% в 2024 г.

График показывает:

- ось Y (вертикальная): удельный вес эродированных земель в процентах (%);
- ось X (горизонтальная): годы с 2014 по 2024;
- каждая точка обозначает долю эродированных сельхозземель за конкретный год;
- тренд: постоянный рост – с 9,5% в 2014 году до 12,7% в 2024 году.

В процессе исследований отмечен устойчивый рост деградации земель в Акмолинской области РК, основные причины которого связаны с факторами: интенсивного использования земель; отсутствием целевых севооборотов; слабым контролем за агротехникой; климатическими факторами (засухи, ветровая эрозия и др.).

Результаты агрохимического анализа почв показали высокую внутрипольную вариабельность по азоту и фосфору на всех обследуемых полях. Наиболее высокие значения отмечены по N-NO₃ на поле № 35, где коэффициент вариации составил 72%. Наиболее низкое значение вариативности азота было на поле № 40. Высокая степень варьирования отмечена по содержанию подвижного фосфора на полях №№ 11, 34, 35, 39. Содержание обменного калия на всех обследуемых полях было высокое, со слабой степенью варьирования. Реакция почвенной среды pH – среднещелочная, содержание гумуса колеблется от 3,21 до 3,48%. В связи с этим внутрипольная вариабельность содержания этих показателей на каждом поле невысокая и по калию колебалась от 8 до 14%, по pH – 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 и на их основе рабочие карты дифференцированного внесения азотных и фосфорных удобрений, а также

проведен анализ и обобщение результатов агрохимических обследований 2019 рабочих участков.

Выполненные исследования позволили сформулировать и сформировать базовый перечень основных технологических процессов (и их элементов) возделывания с/х культур, в т. ч. с применением элементов ТТЗ, учета специализации региона, его почвенных зональных особенностей (табл. 1). В этой связи указанные положения и технологические основы, составляющие информационный базис реализации современных технологий земледелия, предложено оформлять в виде технологических карт (ТК), представляющих современный формат данных, определяющих упорядоченный набор необходимых операций и видов работ агротехнического характера, направленных на получение хорошего урожая. Характерными чертами подобных ТК все более становятся процессы минимальной предпосевной обработки почв (пример – 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, соломы, сеяния сидератов).

Таблица 1

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

№ п/п	Технологические процессы	Технология обработки почвы		
		почвоза- щитная	минималь- ная	нулевая
Обработка пара				
1	Плоскорезная глубокая обработка (осенью после уборки)	+	±	—
2	Первое снегозадержание	+	—	—
3	Второе снегозадержание	+	—	—
4	Ранневесеннее боронование	+	+	—
5	Прикатывание почвы	+	—	—
6	Первая культивация	+	+	—
7	Вторая культивация с посевом кулис	+	+	—
8	Гербицидная обработка	—	+	+
9	Третья культивация	+	-	—
10	Плоскорезная глубокая обработка	+	±	
1 культура после пара (пшеница, ячмень)				
1	Ранневесеннее боронование	+	+	+
2	Прикатывание почвы	+	-	-
3	Химическая обработка перед посевом	—	±	+
4	Предпосевная культивация с последующим прикатыванием	+	±	—
5	Посев	+	+	+
6	Прикатывание посевов	+	±	-
7	Гербицидная обработка по вегетации	+	+	
8	Уборка зерновых	+	+	
9	Очистка зерна	+	+	+
2-3 культура после пара				
1	Первое снегозадержание	+	-	-
2	Второе снегозадержание	+	-	-
3	Ранневесеннее боронование	+	+	-
	Прикатывание почвы	+	-	
4	Химическая обработка перед посевом	—	+	+
5	Предпосевная культивация с последующим прикатыванием	+	±	—
6	Посев	+	+	+
7	Прикатывание посевов	+	±	-
8	Гербицидная обработка	+	+	
9	Уборка	+	+	
10	Очистка зерна	+	+	+
11	Основная обработка (плоскорезная глубокая обработка или щелевание)	+	± щелевание	—

Одним из приоритетных проектов развития сельского хозяйства является ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», цель которого – цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения охраны земель в системе устойчивого землепользования, технологического прорыва в АПК. В данный проект в качестве модуля подсистемы «Комплексные цифровые решения для АПК» системы обеспечения операционной деятельности и внедрения комплексных цифровых решений предлагается внедрить ЗИС «Устойчивое землепользование» (рис. 3).



Рис. 3. Программное обеспечение «Устойчивое землепользование»

Программное обеспечение «Устойчивое землепользование» предназначено для обеспечения охраны земель и мониторинга земельных ресурсов с помощью интеграции государственных цифровых платформ.

Обсуждение

ТТЗ в современный период становятся неотъемлемой частью сельскохозяйственного производства, предлагая новые методы для повышения его эффективности и устойчивости. Введение инновационных машин и систем автоматизации позволяет фермерам оптимизировать использование ресурсов, повышать урожайность и минимизировать воздействие на окружающую среду. Эти технологии охватывают все этапы сельскохозяйственного производства – от подготовки почвы и посева до сбора урожая и обработки продуктов, что делает их незаменимыми для современных агропроизводителей. Одним из наиболее значимых аспек-

ктов точного земледелия является внедрение современной машинной техники: тракторов, сеялок, систем для внесения удобрений и защиты растений, оснащенных современными датчиками и GPS-устройствами. Эти машины обеспечивают высокое качество и точность выполнения агротехнических операций, минимизируют ошибки человека и заметно повышают продуктивность. Системы точного земледелия позволяют точно оценивать состояние почв и растений, определять новые возможности для улучшения эффективности использования удобрений и средств защиты растений. Так, технологии дифференцированного внесения удобрений позволяют точно дозировать количество необходимого вещества в зависимости от состояния 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 заболачивают орошаемые земли. Это особенно важно в условиях современного изменения климата, роста летних температур и 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 востребованным в сельском хозяйстве. Беспилотные тракторы и БПЛА – системы для мониторинга полей открывают новые возможности для автоматизации всех этапов сельскохозяйственного производства. Эти машины способны работать круглосуточно даже в условиях плохой видимости, значительно увеличивая эффективность рабочих процессов. Особенно важно, что системы и технологии точного земледелия способствуют повышению экологической устойчивости аграрного производства. Использование данных о состоянии почвы и растительности позволяет более обоснованно определять потребности в удобрениях и средствах защиты, что способствует снижению загрязнения окружающей среды и уменьшению химической нагрузки на экосистемы.

При этом, точное земледелие сталкивается с рядом вызовов. Среди них: высокие затраты на приобретение специальной техники, необходимость ее технического обслуживания, решение задачи актуализации данных, обеспечение устойчивости и адаптивности таких технологий в различных условиях. В этой связи просматривается задача создания специальных центров выполнения подобных работ на уровне муниципального района по опыту ранее существующих в СССР машинно–тракторных станций (МТС), успешно справляющихся с почти подобными проблемами. Конечно, все это требует комплексного подхода и долгосрочных инвестиций, но принципиально задача решается. Вместе с тем, перспективы точного земледелия многообещающие, его технологии становятся доступнее, а инновационные машины становятся более эффективными и экономичными, открывая новые горизонты для агропроизводителей в условиях растущих экологических и экономических вызовов.

Заключения

В заключение сделаем следующие выводы. Точное земледелие и обеспечивающие его инновационные технологии играют важную роль в оптимизации сельскохозяйственного производства, определяют его все более разносторонне возрастающий интеллектуальный потенциал, требующий соответствующего качества подготовки кадров. Данное обстоятельство ставит реальную задачу специалистам поднять как уровень отечественного АПК, так и роль своей профессии в решении системных задач геопространственного обеспечения современного устойчивого, прежде всего сельскохозяйственного землепользования – основного направления пространственного развития наших стран.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2022 год/ Астана, 2023. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/land/documents/details/579164?lang=ru>. (дата обращения 08.09.2024). – Текст: электронный
2. Волков С. Н. Землеустройство: учебник для вузов.- М.: ГУЗ, 2013. - 992 с.
3. Дюсенбеков З. Д. Проблемы рационального использования потенциала земельных ресурсов Республики Казахстан и его охраны // Земельные ресурсы Казахстана, 2004. – № 5 (44). – С. 4-10. – URL: <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/issue/view/23/37> (дата обращения 07.09.2024). – Текст: электронный
4. Беристенов А. Т. Совершенствование земельно – оценочных работ для управления земельными ресурсами. Автореферат диссертации кандидата технических наук. – Новосибирск, СГГА, 2010, 22 с.
5. Есжанова Т. С. Об использовании и охране земель в Республике Казахстан // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сборник материалов VI Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной празднованию 90-летия НИИГАиК – СГГА – СГУГиТ, 23–25 ноября 2022 г., Новосибирск. В 3 ч. Ч. 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. – С-182-189. DOI 10.33764/2687-041X-2023-1-182-189
6. Смирнов И. В., Кирилова О. В., Урсова Н. Г. Точные технологии в сельском хозяйстве: современное состояние и перспективы // Аграрная наука в контексте времени. Сборник трудов LX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Часть 18. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2025. – С. 28-32.
7. Есжанова Т. С., Ильиных А. Л. Проблемы устойчивого развития и его задачи в сфере земельных отношений, землеустройства и кадастра //Вестник СГУГиТ Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. - 2023. -Т 28. № 6. – С.- 99 -103. DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-6-99-104.
8. Жарников В. Б., Есжанова Т. С., Ильиных А. Л., Темников Д. В. Технологические решения охраны нефтезагрязненных земель // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIX Международный научный конгресс, 17–19 мая 2023 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 3 : Международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. – С. 88-95. DOI 10.33764/2618-981X-2023-3-88-95.
9. Буданов Н. У. Деградация земельных ресурсов Казахстана // География и геоэкология: проблемы науки, практики и образования : материалы междунар. науч.-практ. конф., 19 мая 2016 г., Москва / Моск. гос. обл. ун-т. - М.: МГОУ, 2016. - С. 31-36.

10. Кузнецов А. И., Попова Т. П. Инновационные машины и системы точного земледелия: принципы и практика внедрения // Вестник аграрных наук. – Вып. 12(4). – 2020. – С. 34-45.
11. Чутчева Ю. В., Коротких Ю. С., Кирица А. А. Цифровые трансформации в сельском хозяйстве // АГРОИНЖЕНЕРИЯ. – 2021. – №5 (105). – С. 53-58. – DOI: 10.26897/2687-1149-2021-5-53-58.
12. Горбунова Л. И. Внедрение инновационных машин в сельское хозяйство: экономические и экологические аспекты //Аграрная экономика. – Вып.10 (3). – 2020. – С. 56-68.
13. Амирова Н. Р., Саргина Л. В., Кондратьева Я. Э. Цифровые технологии в сфере сельского хозяйства// ЦИТИСЭ. – 2020. – 2 (24). – С. 266-280. – DOI: 10.15350/2409-7616.2020.2.25
14. Кузнецов А. Н., Дмитриева Н. В. Экологические проблемы интенсивного сельского хозяйства //Агрономия и экология. – 15(3). – 2021. – С. 102-114.
15. 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.
16. Алламырадов П., Бабаназаров К., Мямметнурова Г. Сельское хозяйство: основы устойчивого развития [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/selskoe-hozyaystvo-osnovy-ustoychivogo-razvitiya-1/viewer> (дата обращения 10.09.2025).

© Т. С. Есжанова, А. Л. Ильиных, В. Б. Жарников, 2026