

УДК 631.158, 631.331, 631.37

DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-155-164

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО В ЭПОХУ СКВОЗНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ

К.Ф. КРАЙ, М.И. ХАДЖИЕВА

ФГБНУ «Федеральный научный центр  
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»  
360002, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2  
E-mail: kbncran@mail.ru

*Одним из наиболее необходимых условий в глобальной конкуренции в сельскохозяйственном производстве является повышение производительности и конкурентоспособности продукции. Многолетний российский опыт робототехники и развитие материальной и технической базы в аграрном секторе позволяют осуществить переход от наращивания энергетических мощностей к повышению технического уровня, а именно к автоматизированным и роботизированным технологиям. В данной статье нами приводится практика использования разработанных и разрабатываемых роботизированных технологий, которые не только выполняют отдельные виды деятельности, но и обладают сквозной роботизацией. Также в статье рассматриваются эффективные цифровые технологии, применяемые в сельском хозяйстве за рубежом, проведён анализ направления инновационных цифровых технологий в сельском хозяйстве, в частности в растениеводстве. Выявлены перспективы применения роботизированных технологий в сельском хозяйстве КБР и РИ, а именно применение октокоптера для опрыскивания сельскохозяйственных культур.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, роботизированные технологии, аграрный сектор, применение октокоптера, эффективные технологии, повышение урожайности, растениеводство.

### ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация охватила все сферы социальной и экономической жизни общества. Данный тренд является ключевым фактором развития сельскохозяйственной отрасли, так как цифровизация на сегодняшний день – основной драйвер, обеспечивающий повышение производительности и эффективности производственного процесса в аграрном секторе. Для достижения роста доходности агробизнеса необходимо в полной мере использовать инновационные технологии. В данной работе мы хотим рассмотреть концепцию внедрения новых технологий и их эффективность в сельском хозяйстве, в частности в растениеводстве.

По данным прогноза Департамента экономического и социального развития ООН, численность населения планеты к 2025 году достигнет более семи миллиардов человек, а к 2050 году – более 9,5 млрд, при том, что имеющиеся ресурсы постоянно уменьшаются. Через 30 лет человечеству понадобится в 1,7 раза больше продовольствия, чем оно производит сейчас, поэтому возникает необходимость модернизации сельского хозяйства [1, 2]. Рост населения планеты и его благосостояния требует повышения производительности труда и урожайности в сельском хозяйстве, что влечёт за собой необходимость введения новых решений на основе генно-инженерных и безлюдных технологий. В свете возникающих проблем исследователи призывают учёных и фермеров радикально переосмыслить методы ведения сельского хозяйства.

**Объектом исследования** являются методы ведения сельского хозяйства в регионе.

**Предметом исследования** является применение новых технологий в сельском хозяйстве.

**Целью исследования** является выявление эффективности использования новых технологий в сельском хозяйстве, в частности в растениеводстве.

Достижение поставленной цели возможно при рассмотрении нескольких задач:

1. Выявление эффективных разработок и технологий, позволяющих автоматизировать и роботизировать многие процессы в аграрном секторе.
2. Расчёт экономической эффективности применения роботизированных технологий на примере дронов.

#### ОБЗОР ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ АВТОМАТИЗИРОВАТЬ И РОБОТИЗИРОВАТЬ НЕКОТОРЫЕ ПРОЦЕССЫ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

Основной целью роботизации сельского хозяйства является обеспечение стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции растениеводства за счёт внедрения цифровых технологий сбора, обработки и использования массива данных о состоянии почв, растений и окружающей среды.

Для этого необходимо внедрить уже существующие технологии и создать отечественные конкурентоспособные технологии по следующим направлениям [3]:

##### **1. Мониторинг и контроль:**

- оценка состояния культур;
- анализ растительного покрова;
- расчёт площади земель;
- проверка влажности почвы;
- оценка объёма урожая;
- проверка готовности поля к очередному сезону.

##### **2. Интеллектуальные системы. Интернет вещей (IoT):**

- зондирование влажности почвы и питательных веществ;
- контроль использования воды для оптимального роста растений;
- определение профиля удобрений для связывания на основе химического состава почвы;
- определение оптимального времени для посадки и сбора урожая;
- мониторинг погодных условий.

##### **3. Системы автоматизации и роботизации работ в АПК:**

- создание роботов, которые автономно работают на поле и выполняют различные специализированные операции или работают с одной или несколькими определенными культурами;
- разработка решений для автономизации существующей техники. Системы автовождения комбайнов, тракторов и другой агротехники.

Эти разработки могут обеспечивать полную автономность устройства или осуществлять частичную замену работы, выполняемой человеком.

Примером таких систем является информационно-управляющая интеллектуальная система Smart Farming [4]. Данная система позволяет решить проблемы сельхозпроизводителей за счёт средств автоматизации нового поколения, система обладает следующей функциональностью: многоуровневый непрерывный контроль состояния посевов в реальном времени, разработка вариантов решений и рекомендаций к действию, построение планов и заданий специалистов с учётом доступных ресурсов, учёт выполненных работ и затраченных ресурсов.

В роли отечественного аналога этой системы может выступить система ГЛОНАСС, которая в свою очередь помогает реализовать должный уровень агроконтроля различных сфер сельского хозяйства. Программное обеспечение создаёт электронные карты полей, благодаря которым ведётся дальнейшая обработка посевных культур и контролируются все проводимые работы на обрабатываемых площадях [5].

Ещё одной системой является система мониторинга Storyo – это система дистанционного контроля сельскохозяйственных угодий, которая включает оперативный мониторинг состояния посевных площадей, автодокументирование, прогнозирование и планирование сельскохозяйственных операций [6], т.е. загружаются координаты полей, информация о выращиваемых культурах, методах обработки грунта, вносимых удобрениях и др., а также ретроспективная информация (севооборот, урожайность и др.). На основе этих сведений система предоставляет индивидуальную модель анализа с ежедневным обновлением прогноза.

Сегодня дроны компании Taranis помогают мониторить посевы на протяжении всего сельскохозяйственного цикла – быстро и без вреда для самих посевов, в отличие от классического метода мониторинга. А ещё дроны способны фиксировать обезвоженные участки.

Также существуют и БПЛА, которые помогают находить участки с бактериальными инфекциями на стволах растений. С помощью приближенного к инфракрасному спектру света устройства могут идентифицировать уровень отражения, что помогает генерировать мультиспектральные фото. Так можно не только обнаруживать болезни, но и следить за процессом выздоровления [7].

Сегодня на рынке существует множество компаний, которые уже разработали системы мониторинга сельскохозяйственных угодий. Эти системы используют снимки спутников, а полученные данные анализируются и сопровождаются рекомендациями для борьбы с проблемами растений и их защиты. Очевидно, что в современном мире повышение развития сельского хозяйства стало невозможным без разработки новых эффективных механизмов управления сельскохозяйственным производством на основе передовых управленческих и информационных технологий, интеллектуальных мультиагентных систем и современной робототехники. Поэтому возникла необходимость активизации перехода сельского хозяйства на цифровые интеллектуальные и роботизированные системы, которые в свою очередь приведут к увеличению производства и повышению урожайности сельскохозяйственных культур [8].

Рассмотрим примеры использования роботизированной техники в сельском хозяйстве (табл. 1).


**Таблица 1**

**ОБЗОР СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ**

	<b>Название робота</b>	<b>Услуги</b>	<b>Иллюстрации</b>
1.	АгроБот, разработчик: Аврора (Aurora Robotics) Россия [9]	Решение АгроБот может применяться для автоматизации работ в сельскохозяйственной или коммунальной сфере. Всё решение автоматизации может устанавливаться вместо кабины на новую или существующую основу трактора, что позволяет модернизировать существующий парк техники	
2.	TerraSentia - разработчик: EarthSense, США [10]	Робот создаёт максимально подробный портрет кукурузного поля, определяет размер и состояние растений, количество и качество початков, которые каждое растение кукурузы даст к концу сезона, измеряет диаметр стебля, индекс листовой поверхности и ведёт «подсчёт древостоя» - количества живых зерновых или плодоносящих растений. Сегодня TerraSentia изучил посевы кукурузы, сои, пшеницы, сорго и овощей, виноградные сады	
3.	Rowbot - разработчик: Rowbot Systems, Миннесота [11]	Rowbot является беспилотной многофункциональной платформой и способен передвигаться между рядами кукурузы. Используется для внесения азотных удобрений в соответствии с потребностями растений кукурузы. Он может также собирать данные с датчиков для текущей и будущей работы. GPS и ряд других датчиков позволяют роботу не причинять вреда растениям.	

4.	Fendt (AGCO) Xaver, Fendt (AGCO) и UTM University, Германия [12]	Роботы предназначены для планирования, мониторинга и документирования посадок кукурузы. Роботы фиксируют точное положение и время посева каждого семени. Позволяют загружать обновления ПО "по воздуху". Группа из 6-12 роботов может обеспечивать обработку до 1 га/ч. Кроме кукурузы, роботы могут сажать и другие культуры	
5.	GrassBot2 разработчик: Agrointelli, Дания [9]	Автономный робот - два дизельных двигателя, гидравлическая система. Может работать автономно или в режиме телеуправления. Может работать с различными почвообрабатывающими машинами, сеялкой точного высева, машинами для междурядной обработки, опрыскивателем, косилкой. Оборудование монтируется на 3-точечную навеску, есть вариант с валом отбора мощности и распределителем для подключения гидросистемы агрегируемых машин	
6.	AgroMultiBot разработчик: ИИПРУ КБНЦ РАН [13]	Робот-комбайн AgroMultiBot "Гранат" для сбора урожая огурцов на открытом грунте создали учёные Института информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра (ИИПРУ КБНЦ) РАН. Робот самостоятельно, без вмешательства человека, может передвигаться по полю и собирать урожай многосекционными манипуляторами, не пропуская ни одного огурца, а заполнив бункеры, самостоятельно перегрузить собранный урожай в ёмкости транспортного робота. (в разработке)	
7.	Beltech, Нидерланды (в разработке) [14]	Фирма Beltech работает над созданием робота для сбора огурцов и анонсировала его выход на рынок в 2021 г. Пока создан прототип для отладки работы всех систем. Датчики сканируют трёхмерные изображения растений, после чего в систему поступают высококачественные изображения листьев, побегов и огурцов. Робот создаётся для сбора огурцов, выращенных на высокой шпалере в современных теплицах. Машина срезает плоды с растения с помощью горячего ножа, что предотвращает распространение инфекций	
8.	Vegebot – Кембриджский университет, Великобритания [15]	Робот-сборщик овощей, использует машинное обучение для определения и сбора сложных сельскохозяйственных культур, таких как капуста. Vegebot состоит из двух основных компонентов: системы компьютерного зрения и режущей системы. Робот идентифицирует все листья салата на изображении, а затем смотрит на каждый из них, чтобы решить, собирать его или нет (в разработке)	



9.	Rubion Belgian robotics Specialist, Бельгия [16]	Автономный робот для сбора клубники. Робот Rubion, разработанный бельгийским специалистом по робототехнике Ostinion, использует комбинацию интеллектуальной фотоники и инновационного механизма застегивания, чтобы каждый день собирать по 360 кг клубники. По данным компании, это сопоставимо с 50 кг в день для продуктивного сборщика в лице человека	
----	---	--	---

Таким образом, очевидно, что робототехнику в растениеводстве можно классифицировать в соответствии с видами выполняемых работ:

- посев сельскохозяйственных культур;
- опрыскивание растений;
- удаление, прополка сорняков;
- контроль всхожести посевов;
- сбор урожая;
- полив растений;
- механизированные работы по подготовке почвы, выполняемые беспилотным (автономным) трактором.

#### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ДРОНОВ

Роботы решают конкретные проблемы количественного и квалификационного дефицита человеческих ресурсов, а также снижения издержек, связанных с недобросовестностью сотрудников, при этом один робот может заменить до 30 человек. Предотвращение потери рабочего времени, связанной с невыходом работника на работу и рядом иных причин, приводит в результате внедрения роботизированных технологий к высвобождению годового фонда рабочего времени, что в свою очередь ведёт к дополнительному производству продукции.

Помимо этого, повышение рентабельности сельского хозяйства и его устойчивое развитие в современном мире в принципе невозможно без разработки новых эффективных механизмов управления сельскохозяйственным производством на основе передовых управленческих и информационных технологий, включая создание инновационной информационно-управляющей системы как инструмента для поддержки принятия решений по управлению бизнесом в указанной предметной области.

Также использование тяжёлой механизации в сельском хозяйстве привело к множеству проблем: уплотнению почвы, снижению роста корней растений, снижению плодородия и в конечном итоге к снижению продуктивности сельского хозяйства. Для минимизации негативных последствий механизации и частично автоматизации предлагается использование автономных роботов и дронов [17].

Другим важным направлением использования сельскохозяйственных дронов является агрохимическая обработка. До появления специализированной сельскохозяйственной малой авиации агрохимическая обработка выполнялась наземным способом.

Для представления текущей картины экономических процессов региона в эпоху цифровой экономики рассмотрим Северо-Кавказский регион, который характеризуется разнообразием природных зон, включая степную, предгорную и горную зоны. В Кабардино-Балкарском научном центре Российской академии наук проведены испытания октокоптера DJI Agras (опрыскивание) над различными сельскохозяйственными культурами, в частности, десикация подсолнечника и кукурузы. Было выявлено, что десикация является

проверенным и эффективным методом, позволяющим ускорить созревание семян, сэкономить на сушке и облегчить машинную уборку [18]. В целях повышения эффективности сельскохозяйственного производства планируется оснастить октокоптер программно-аппаратным комплексом, который разрабатывается в КБНЦ РАН для интеллектуального мониторинга и анализа состояния полей в предгорных и степных зонах. С его помощью появится возможность увидеть, где и какие участки обгорели, а где есть заболелые растения, чтобы не обходить всё поле.

Существуют различные методики расчёта экономической эффективности роботизации [19]. По одной из этих методик можно рассчитать срок окупаемости роботов по следующей простой формуле:

$$T=C/(R-z), \quad (1)$$

где  $C$  – стоимость робота;

$z$  – затраты на его содержание в течение года;

$R$  – годовая экономия рабочей силы, где ( $R > z$ );

$T$  – срок окупаемости робота в годах.

Для определения прибыли, получаемой от эксплуатации робота, используется формула

$$P=k(R-z), \quad (2)$$

где  $k$  – процент амортизации.

Рассчитаем срок окупаемости и прибыль на примере применения октокоптера DJI Agras, испытания которого проводились в Кабардино-Балкарском научном центре РАН. (табл. 2).

**Таблица 2**

**РАСЧЁТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ И ПРИБЫЛИ ОКТОКОПТЕРА DJI AGRAS  
ПРИ ОПРЫСКИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

<b>С – стоимость октокоптера (руб.)</b>	<b>1000000</b>
Электроэнергия	18726,4
Услуги автотранспорта	95000
<b>z - затраты на содержание октокоптера (руб.)</b>	<b>113726,4</b>
Оператор	420000
Помощник	276000
Бухгалтер	120000
<b>R – годовая экономия рабочей силы (руб.)</b>	<b>816000</b>
<b>k – процент амортизации за один год</b>	<b>20%</b>
<b>T = C / (R - z) – срок окупаемости (год)</b>	<b>1,4</b>
<b>P = k (R - z) – прибыль (руб.)</b>	<b>140454,72</b>

При данном расчёте срок окупаемости октокоптера составил один год и четыре месяца, а прибыль от его эксплуатации составила 140545 рублей.

В результате исследования мы выявили следующие преимущества использования октокоптера:

1. Экономия гербицидов.
2. Повышение урожайности.
3. Снижение экологической нагрузки.
4. Снижение расхода топлива.

Низкий полет октокоптера над растением позволяет избежать сноса рабочей жидкости за периметром посева, что приводит к экономии химикатов. В этих обстоятельствах закономерной представляется смена парадигмы развития сельскохозяйственного производства на основе интенсификации производственных процессов на парадигму развития за счёт персонифицированного ухода за отдельным растением.

В СКФО, особенно в горных территориях, где осуществляется посев сельскохозяйственных культур, климат характеризуется повышенной влажностью. По этой причине не происходит своевременная десикация сельскохозяйственных культур, а использование дронов позволяет своевременно обрабатывать растения вне зависимости от погодных условий, за исключением дождя, что максимально минимизирует риск потери урожайности. В 2018-2019 годах наблюдалась сильная вспышка популяции совки, что нанесло значительный вред и существенно сократило урожайность. При маленьких площадях до 50 гектаров существующая воздушная спецтехника не обрабатывает сельхозкультуры, так как это финансово не выгодно. При использовании наземной спецтехники есть риск растаптывания сельхозкультур. Для решения данной проблемы применяется октокоптер, который в день обрабатывает до 30 гектаров, не повреждая растения.

Также КБНЦ РАН провёл с помощью октокоптера опрыскивание химикатами от совки на участках земли научного центра, и эффективность данного метода обработки составила 90%.

Когда проходят ливневые дожди и нет возможности зайти на посев картофеля и других овощных культур, своевременное опрыскивание возможно исключительно с помощью октокоптера.

Итак, эффективность сельского хозяйства напрямую зависит от объёма производства и материальных затрат. Одними из основных причин затрат ресурсов в сельскохозяйственном производстве являются: низкое плодородие почв, большие потери продукции, несвоевременный учёт энергоресурсов, устаревший парк техники и проблемы традиционных методов ведения сельского хозяйства.

Опыт внедрения инновационных технологий в аграрном секторе в РФ и за рубежом позволяет выявить ключевые методы повышения эффективности сельского хозяйства:

- новые методы ведения сельского хозяйства;
- рациональная организация трудовых процессов;
- экологизация сельского хозяйства (в частности, растениеводства);
- проектирование робототехники, направленной на энергоэффективность, и маловесных мультиагентных роботов;
- подготовка новых специалистов для освоения и внедрения инновационной техники.

Применение октокоптера позволяет своевременно и качественно проводить опрыскивание против вредных организмов, что позволяет получить стабильный и высокий урожай сельскохозяйственных культур с хорошими качественными и количественными показателями.

Эффективность применения дронов для выполнения агротехнических операций по уходу за посадками обусловлена рядом фундаментальных факторов. Прежде всего следует отметить качественное отличие размерных дисперсий облака распыленной жидкости для опрыскивания при использовании традиционных технологий и дронов. В настоящее время наибольшей эффективностью обладают автономные опрыскиватели на шасси тракторов, но их применение связано с неизбежными негативными последствиями из-за деструктуризации почвы в колеях и технологической потери части полезной площади поля. Совокупный агротехнический эффект от перехода на опрыскивание с помощью дронов обуславливается снижением количества поступающих в почву и растения пестицидов, интенсивности экологической нагрузки на окружающую среду и повышением качества продукции растениеводства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прогноз в области народонаселения. [Электронный ресурс] // Департамент по экономическим и социальным вопросам ООН. URL: <https://news.un.org/ru/story/2013/06/1224001>.
2. Спасти мир от голода: технологии позволят Земле прокормить 10 млрд человек. [Электронный ресурс] // Forbes. URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/354705-spasti-mir-ot-goloda-tehnologii-pozvolyat-zemle-prokormit-10-mlrd-chelovek>.
3. Обзор цифровых технологий для агропромышленного комплекса: от ГИС до интернета вещей. [Электронный ресурс] // RPC INTEGRAL Ltd. URL: <https://integral-russia.ru/2020/07/30/tsifrovaya-platforma-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-kontseptsiya-i-osnovnye-tezisy/>
4. Smart Farming, or the Future of Agriculture. [Электронный ресурс] // SciForce. URL: <https://medium.com/sciforce/smart-farming-or-the-future-of-agriculture-359f0089df69>.
5. ГЛОНАСС в агропредприятии на сельскохозяйственной технике. [Электронный ресурс] URL: <https://ruglonass.ru/kontrol-topliva/opisanie/ghlonass-dlya-agro-predpriyatij/>
6. Система управления агропроизводством Cropio. [Электронный ресурс] // Cropio service. URL: <https://about.cropio.com/ru/>
7. The complete digital agronomy solution. [Электронный ресурс] // Taranis company. URL: <https://taranis.ag/>
8. Скворцов Е.А., Скворцова Е.Г. Необходимость инновационного развития сельского хозяйства на основе применения робототехники // Вестник ВНИИМЖ. 2016. № 1(21). С. 85-90.
9. Каталог автономных сельскохозяйственных роботов для работы в поле, в саду или теплице. [Электронный ресурс] // Robotrends. URL: [http://robotrends.ru/robopedia/katalog-avtonomnyh-robotov-dlya-raboty-v-selskom-hozyaystve#google\\_vignette](http://robotrends.ru/robopedia/katalog-avtonomnyh-robotov-dlya-raboty-v-selskom-hozyaystve#google_vignette).
10. A Growing Presence on the Farm: Robots. [Электронный ресурс] // New York Times. URL: <https://www.nytimes.com/2020/02/13/science/farm-agriculturerebots.html?auth=link-dismiss-google1tap/>
11. The Future of Farming. Robotic solutions for row crop agriculture. [Электронный ресурс] // Rowbot Systems. URL: <https://www.rowbot.com/>
12. Fendt puts the new robot 'Xaver' to use. [Электронный ресурс] // AGCO GmbH. Fendt News. URL: <https://www.fendt.com/int/fendt-xaver>
13. В КБР запустят производство уникального робота-дачника. [Электронный ресурс] // ФГБУ «Редакция «Российской газеты». URL: <https://rg.ru/2016/01/15/reg-skfo/robot.html>
14. Робот для уборки огурцов. [Электронный ресурс] // Журнал «Агромакс». URL: <https://agro-max.ru/novosti/robot-dlja-uborki-ogurcov-pojavitsja-v-prodazhe-v-2021g/>
15. Robot uses machine learning to harvest lettuce. [Электронный ресурс] // ScienceDaily. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/07/190707215819.htm>
16. Strawberry picking robot could harvest enough fruit for Wimbledon. [Электронный ресурс] // Mark Allen Engineering Limited. URL: <https://www.theengineer.co.uk/strawberry-picking-robot-wimbledon/>
17. Экологические проблемы сельскохозяйственного использования земли. [Электронный ресурс] // Agroxxi.ru. URL: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/stati-rastenievodstvo/yeologicheskie-problemy-selskochozjaistvennogo-ispolzovanija-zemli.html>
18. В КБР дрон начнет сам распылять удобрения и изучать растения в полях. [Электронный ресурс] // Северо-Кавказские новости. URL: [https://sk-news.ru/news/selhoz/62763/?month=11&year=2019&mul\\_mode=](https://sk-news.ru/news/selhoz/62763/?month=11&year=2019&mul_mode=)
19. Тимофеев А.В. Роботы и искусственный интеллект // Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». М., 1978. С. 192.



## REFERENCES

1. *Prognoz v oblasti narodonaseleniya* [Population forecast] [Electronic resource] // Department po ekonomicheskim i sotsial'nym voprosam OON. URL: <https://news.un.org/ru/story/2013/06/1224001>.
2. *Spasti mir ot goloda: tekhnologii pozvolyat Zemle prokormit' 10 mlrd chelovek* [Save the world from hunger: technology will allow the Earth to feed 10 billion people.] [Electronic resource] // Forbes. URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/354705-spasti-mir-ot-goloda-tehnologii-pozvolyat-zemle-prokormit-10-mlrd-chelovek>.
3. *Obzor tsifrovyykh tekhnologiy dlya agropromyshlennogo kompleksa: ot GIS do interneta veshchey* [Review of digital technologies for the agro-industrial complex: from GIS to the Internet of things] [Electronic resource] // RPC INTEGRAL Ltd. URL: <https://integral-russia.ru/2020/07/30/tsifrovaya-platforma-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-kontseptsiya-i-osnovnye-tezisy/>
4. Smart Farming, or the Future of Agriculture [Electronic resource] // SciForce. URL: <https://medium.com/sciforce/smart-farming-or-the-future-of-agriculture-359f0089df69>.
5. *GLONASS v agropredpriyatii na sel'skokhozyaystvennoy tekhnike* [GLONASS In an agricultural enterprise using agricultural machinery]. [Electronic resource] // URL: <https://ruglonass.ru/kontrol-topliva/opisanie/glonass-dlya-agro-predpriyatiy/>
6. *Sistema upravleniya agroproduktom Cropio* [Cropio agricultural production management system]. [Electronic resource] // Cropio service. URL: <https://about.cropio.com/ru/>
7. The complete digital agronomy solution. [Electronic resource] // Taranis company. URL: <https://taranis.ag/>
8. Skvortsov E.A., Skvortsova E.G. *Neobkhodimost' innovatsionnogo razvitiya sel'skogo khozyaystva na osnove primeneniya robototekhniki* [The need for innovative development of agriculture based on the use of robotics] // Vestnik VNIIMZH./Institute of animal breeding mechanization Herald, 2016. No. 1 (21). Pp. 85-90.
9. *Katalog avtonomnykh sel'skokhozyaystvennykh robotov dlya raboty v pole, v sadu ili teplitse* [A catalog of autonomous agricultural robots for working in the field, garden or greenhouse]. [Electronic resource] // Robotrends. URL: [http://robotrends.ru/robopedia/katalog-avtonomnykh-robotov-dlya-raboty-v-selskom-hozyaystve#google\\_vignette](http://robotrends.ru/robopedia/katalog-avtonomnykh-robotov-dlya-raboty-v-selskom-hozyaystve#google_vignette).
10. A Growing Presence on the Farm: Robots. [Electronic resource] // New York Times. URL: <https://www.nytimes.com/2020/02/13/science/farm-agriculturerebots.html?auth=link-dismiss-google1tap>.
11. The Future of Farming. Robotic solutions for row crop agriculture. [Electronic resource] // Rowbot Systems. URL: <https://www.rowbot.com/>
12. Fendt puts the new robot 'Xaver' to use. [Electronic resource] // AGCO GmbH. Fendt News. URL: <https://www.fendt.com/int/fendt-xaver>.
13. *V KBR zapustyat proizvodstvo unikal'nogo robota-dachnika* [KBR will launch the production of a unique robot-summer resident]. [Electronic resource] // FGBU «Redaktsiya «Rossiyskoy gazety». URL: <https://rg.ru/2016/01/15/reg-skfo/robot.html>
14. *Robot dlya uborki ogurtsov* [Cucumber harvesting robot]. [Electronic resource] // Zhurnal "Agromaks". URL: <https://agro-max.ru/novosti/robot-dlja-uborki-ogurtsov-pojavitsja-v-prodazhe-v-2021g/>
15. Robot uses machine learning to harvest lettuce. [Electronic resource] // ScienceDaily. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/07/190707215819.htm>
16. Strawberry picking robot could harvest enough fruit for Wimbledon. [Electronic resource] // Mark Allen Engineering Limited. URL: <https://www.theengineer.co.uk/strawberry-picking-robot-wimbledon/>
17. *Ekologicheskiye problemy sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya zemli* [Environmental problems of agricultural land use]. [Electronic resource] // Agroxxi.ru. URL: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/stati-rastenievodstvo/yekologicheskie-problemy-selskohozyajstvennogo-ispolzovaniya-zemli.html>

18. *V KBR dron nachnet sam raspylyat' udobreniya i izuchat' rasteniya v polyakh* [In KBR, the drone will start spraying fertilizers by itself and studying the plants in the fields]. [Electronic resource] // *Severo-Kavkazskiyе novosti*. URL: [https://sk-news.ru/news/selhoz/62763/?month=11&year=2019&mul\\_mode=](https://sk-news.ru/news/selhoz/62763/?month=11&year=2019&mul_mode=)

19. Timofeev A.V. *Roboty i iskusstvennyy intellekt* [Robots and artificial intelligence] // *Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury izdatel'stva «Nauka»*. /Main editorial office of physical-mathematical literature of “Nauka” Publishing house M., 1978. P. 192.

## **COST-EFFECTIVENESS OF THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE IN THE ERA OF END-TO-END DIGITALIZATION**

**K.F. KRAI, M.I. KHADZHIEVA**

FSBSE “Federal scientific center  
«Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”  
360002, KBR, Nalchik, 2, Balkarova street  
E-mail: kbncran@mail.ru

*One of the most necessary conditions for global competition in agricultural production is to improve the productivity and competitiveness of products. The long-term Russian experience in robotics and the development of the material and technical base in the agricultural sector makes it possible to make the transition from building up energy capacities to raising the technical level, namely to automated and robotic technologies. In this article, we describe the practice of using already developed robotic technologies and those being developed now that perform not only certain types of activities, but also have end-to-end robotization. The article also discusses effective digital technologies used in agriculture abroad, analyzes the direction of innovative digital technologies in agriculture, particularly, in crop production. The prospects for the use of robotic technologies in agriculture of the KBR and RI, namely the use of an octo-copter for spraying agricultural crops, have been identified.*

**Keywords:** agriculture, robotic technologies, the agricultural sector, the use of an octo-copter, efficient technologies, increasing yields, crop production.

*Работа поступила 10.12.2020 г.*

### **Сведения об авторе:**

**Край Карина Фаезовна**, м.н.с. Инжинирингового центра Кабардино-Балкарского научного центра РАН.  
360000, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а.

E-mail: kraykarina@mail.ru

**Хаджиева Мариям Ильясовна**, стажёр-исследователь Инжинирингового центра Кабардино-Балкарского научного центра РАН.

360000, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а.

E-mail: mariam9248@mail.ru

### **Information about the author:**

**Krai Karina Faezovna**, Junior researcher of the Center of Engineering of the Federal Scientific Center “Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”.

360000, KBR, Nalchik, I. Armand street, 37-a.

E-mail: kraykarina@mail.ru

**Khadzhieva Mariam Ilyasovna**, Trainee researcher of the Engineering Center, Federal Scientific Center “Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”.

360000, KBR, Nalchik, I. Armand street, 37-a.

E-mail: mariam9248@mail.ru