

МРНТИ 68.85.17

Р.А. Гуляев<sup>1</sup> – основной автор, ©  
А.А. Султонов<sup>2</sup>, Р.Ф. Юнусов<sup>3</sup>, Д.Р. Рафиков<sup>4</sup>, К.Р. Гуляева<sup>5</sup>



<sup>1</sup>Д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник, <sup>2</sup>Мл. науч. сотрудник,  
<sup>3</sup>Канд. техн. наук, <sup>4</sup>Мл. науч. сотрудник, <sup>5</sup>Лаборант

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5271-8194>



<sup>1,2,3,4,5</sup>ООО “Paxta Ilmiy-Innovasiya Markazi”



г. Ташкент, Республика Узбекистан



<sup>1</sup>[uzcluster@gmail.com](mailto:uzcluster@gmail.com)

<https://doi.org/10.55956/JZWP2961>

## О РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

**Аннотация.** Целью данного исследования является разработка и внедрение системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для формирования данных первичного учета на основе цифровизации аграрного сектора, автоматизации учетных процессов, сокращения влияния человеческого фактора, позволяющей вести оперативный мониторинг состояния посевных площадей, планирование агротехнических мероприятий, контроль техники, работающей на полях. В рамках работ по реализации проекта на базе ООО «Бухара Агротехцентр» создан оперативный штаб системы ДЗЗ, состоящий из районных и территориальных операторов ДЗЗ, призванных обеспечить ведение оперативных планов и протоколирования факта выполнения сельскохозяйственных операций, подготовку аналитических материалов по мониторингу агротехнических мероприятий в разрезе области, районов, территорий, фермерских хозяйств и контуров, а также оперативной информации по выявленным недостаткам. На одного оператора ДЗЗ приходится в среднем по 400-600 контуров. Лаборатория обеспечит отбор и идентификацию проб почвы, испытание проб в лабораторных условиях, введение электронной информации в систему. По результатам проведенных химических анализов почвы появится возможность формирования агрохимических карт, с индикацией уровней содержания в почве хлорид и сульфат ионов, кислотности почвы, содержания фосфора, магния, азота, органических веществ, калия и других макро-, мезо- и микро-элементов питания. Агрохимкарты в свою очередь позволят приступить к дифференцированному (точечному) внесению органических и минеральных удобрений, в зависимости от наличия питательных элементов в почве. Со временем лаборатория сможет обеспечивать потребности в агрохимических обследованиях не только в хозяйствах Бухарской области, но и в соседних регионах. Предложенный современный подход для организации сельхозпроизводства целенаправлен на сокращение потерь и расходов, повышение качества и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продукции из неё на национальном и международном рынках.

**Ключевые слова:** система дистанционного зондирования земли, цифровизация аграрного сектора, оперативный мониторинг, посевные площади.



Гуляев, Р.А. О разработке системы цифрового дистанционного мониторинга сельскохозяйственных угодий [Текст] / Р.А. Гуляев, А.А. Султонов, Р.Ф. Юнусов, Д.Р. Рафиков, К.Р. Гуляева // Механика и технологии / Научный журнал. – 2023. – №1(79). – С.93-116. <https://doi.org/10.55956/JZWP2961>

**Введение.** В последние десятилетия развитие компьютерных, космических и информационных технологий привело к качественным изменениям в отрасли дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с помощью воздушных летательных и космических аппаратов.

В настоящее время использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) находит применение в самых различных отраслях: от поиска полезных ископаемых до сельского хозяйства [1].

Наиболее важной функцией дистанционного зондирования является анализ изображения. Он выполняется с использованием компьютерных инструментов, которые предоставляют широкие функциональные возможности и демонстрируют результаты в различных формах, что позволяет исследователю точно интерпретировать материалы.

Именно поэтому, появление съемочных систем нового поколения и получаемые с их помощью снимки со сверхвысоким пространственным разрешением, позволяют изучать природные и искусственные объекты как на суше, так и на поверхности водоемов, а также заниматься исследованиями атмосферных явлений.

В частности, Всемирная метеорологическая организация приводит данные, согласно которым 82% от всех данных, используемых для прогнозирования погоды, получены с помощью космических аппаратов [2].

Сейчас космический мониторинг относится к одной из наиболее успешно и динамично развивающихся инновационных отраслей. С его помощью решается широкий спектр задач не только в военной и разведывательной сферах, но и в службах охраны окружающей среды, при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, а также в различных отраслях народного хозяйства – в сельском, лесном и водном хозяйствах, нефтегазовой сфере, при разведке и разработке полезных ископаемых, в транспорте, связи, телекоммуникациях и т.д.

Длительное время сельское хозяйство не было бизнесом, привлекательным для инвесторов, в связи с длинным производственным циклом, подверженным природным рискам и большим потерям урожая при выращивании, сборе и хранении, невозможностью автоматизации биологических процессов и отсутствием прогресса в повышении производительности и инноваций. Использование ИТ в сельском хозяйстве ограничивалось применением компьютеров и ПО в основном для управления финансами и отслеживания коммерческих сделок. Не так давно фермеры начали использовать цифровые технологии для мониторинга сельскохозяйственных культур, домашнего скота и различных элементов сельскохозяйственного процесса [3].

Для повышения качества управления с применением данных ДЗЗ, наиболее перспективным и в настоящее время активным направлением является разработка и внедрение на основе геоинформационных систем (ГИС) цифрового мониторинга.

Цифровизация агробизнеса позволяет получать наиболее полную информацию для оптимизации использования ресурсов и снижения себестоимости продукции. Системы для получения и обработки информации включают датчики, оборудование для коммуникации, хранения и агрегирования информации, различные аналитические блоки для оптимизации управления технологическими процессами [4].

Единое мнение специалистов и аналитиков о пользе и эффективности цифровизации отразилось в принятии Кабинетом Министров Республики

Узбекистан постановления № 794 от 17.12.2020 г. «О мерах по развитию системы цифровизации в агропромышленном комплексе и сельском хозяйстве Республики Узбекистан».

В качестве приоритетных направлений цифровизации аграрного сектора определены следующие:

- внедрение ведомственных и межведомственных информационных систем для эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения, водных ресурсов и контроля за состоянием посевов;
- перевод услуг, предоставляемых организациями агропромышленного комплекса (АПК), в том числе государственных, в электронную форму;
- реализация на основе государственно-частного партнерства (ГЧП) целевых проектов по внедрению современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в сельском хозяйстве;
- внедрение онлайн-технологий мониторинга использования водных ресурсов в водохранилищах и оросительных системах;
- совершенствование системы управления водными ресурсами, формирование базы данных учета водопользования и водопотребления;
- содействие предприятиям в реализации стартапов по запуску бизнеса и коммерциализации результатов инновационных проектов.

В связи с этим всё большее распространение получает одно из важных направлений цифровизации – точное, или координатное земледелие и связанные с этим уникальные системы цифрового мониторинга.

**Условия и методы исследований.** Выполнение традиционных наземных маршрутных агрономических обследований сельскохозяйственных угодий позволяет получать достоверные и оперативные данные в условиях небольших по территории фермерских хозяйств. Однако, данный подход неприемлем в отношении больших сельскохозяйственных холдингов, агрокластеров, для которых такие наблюдения, ввиду обширности их территорий, будут носить нерегулярный характер, как по времени, так и по пространственному охвату. В этой связи, для крупных сельскохозяйственных предприятий целесообразно внедрять и развивать современные дистанционные методы, которые являются важным элементом эффективного информационного обеспечения.

ООО «Бухара Агрокластер», осуществляющий выращивание хлопка-сырца на площади 47тыс. га и пшеницы – на 22,5тыс. га сельхозугодий Бухарской области, при содействии ООО «Paxta Ilmiy-Innovasiya Markazi» в рамках государственного гранта Министерства инновационного развития Республики Узбекистан, приступил к разработке и внедрению системы дистанционного мониторинга сельскохозяйственного производства на указанных территориях.

Целью данного исследования является разработка и внедрение новой системы цифрового дистанционного мониторинга для формирования данных первичного учета на основе цифровизации аграрного сектора, автоматизации учетных процессов, которые в совокупности будут отражать сельскохозяйственную деятельность в таких аспектах, как инвентаризация сельскохозяйственных угодий с созданием карты полей и севооборотов, агрохимическое обследование (АХО) и мониторинг индекса зеленой массы (NDVI), агроэкологическое обследование (Скаутинг), анализ погодных условий (Метео), точное земледелие с дифференциальным внесением посевного материала, минеральных удобрений, средств защиты растений

(СЗР) и т.д., а также мониторинг движения техники, планирование и аудит агротехнических мероприятий с формированием аналитических данных.

Научная значимость результатов проводимого исследования заключается в разработке единой веб-платформы, которая позволит на основе информации, поступающей с модулей ДЗЗ, стационарных и мобильных устройств, формировать по каждому контуру исторические базы данных по показаниям метеостанций, ежегодным севооборотам, индексам NDVI и развитию растений, состоянию почвы и удобрению её питательными элементами, по движению техники и материальных ресурсов, по запланированным и фактически выполненным полевым работам. Указанная платформа также будет оснащена модулем, впервые на практике способным генерировать статистические данные в разрезе административно-территориальных делений (АТД: область, район, населенный пункт), сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств [5].

Для изображения значительных частей земной поверхности на плоскости применяются специальные проекции, дающие возможность перенести точки поверхности Земли на плоскость по математическим законам, тогда положение точек становится возможным определять в наиболее простой системе плоских прямоугольных координат  $x, y$ . Такие проекции обычно называются картографическими проекциями [6].

В странах СНГ, в том числе в Узбекистане принята конформная проекция эллипсоида на плоскости Гаусса – Крюгера (по имени Гаусса, предложившего эту проекцию, и Крюгера, детально разработавшего формулы для ее применения в геодезии).

Земной эллипсоид меридианами разбивается на шести- и трехградусные зоны. Средний меридиан зоны называется осевым. Координатными осями для каждой зоны является прямолинейный средний меридиан – ось абсцисс и прямолинейный экватор – ось ординат. Все остальные меридианы криволинейны и симметричны относительно среднего меридиана и экватора. Нумерация зон ведется от Гринвичского меридиана на восток. Долгота осевого меридиана первой зоны равна  $3^\circ$  (т.к. он посередине зоны, а отсчет этой зоны идет от гринвичского меридиана). Номер зоны  $N$  и долгота осевого меридиана  $L^\circ$  связаны равенством:

$$L^\circ = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1)$$

Для построения топографических карт Узбекистана используется многополосное изображение земного эллипсоида, когда на плоскость переносят зоны, протяженностью  $6^\circ$ . Схема многополосного изображения земного эллипса приведена на рисунке 1.

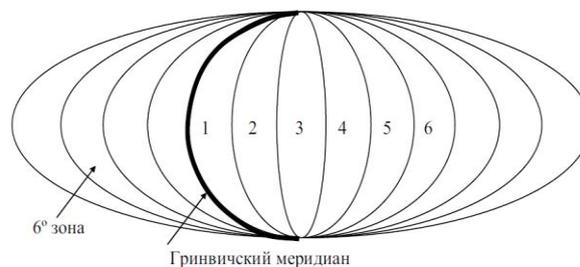


Рис. 1. Схема многополосного изображения земного эллипса

Каждая зона строится на отдельном касательном поперечном цилиндре так, что ось касания проходит по среднему меридиану зоны  $PP'$ , называемому осевым. У каждой зоны свой осевой меридиан. Схема разворачивания поверхности эллипсоида с помощью цилиндра приведена на рисунке 2.

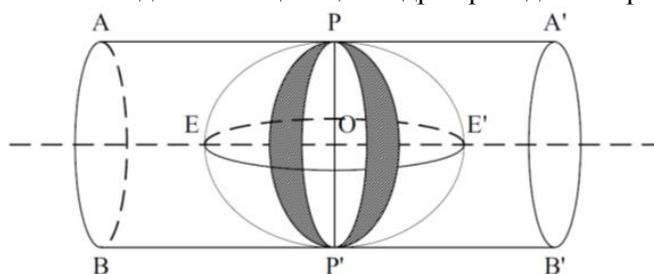


Рис. 2. Схема разворачивания поверхности эллипсоида с помощью цилиндра

При разворачивании цилиндра в плоскость осевой меридиан изображается без искажения прямой  $PP'$  и его принимают за ось  $xx$ . Экватор  $EE'$  также изображается прямой, перпендикулярной к осевому меридиану. Он соответствует оси  $yy$ . Началом координат в каждой зоне служит точка  $O$  – пересечение осевого меридиана и экватора. Так, положение любой точки определяется прямоугольными координатами  $x$  и  $y$ . Результат разворачивания цилиндра на плоскости приведен на рисунке 3.

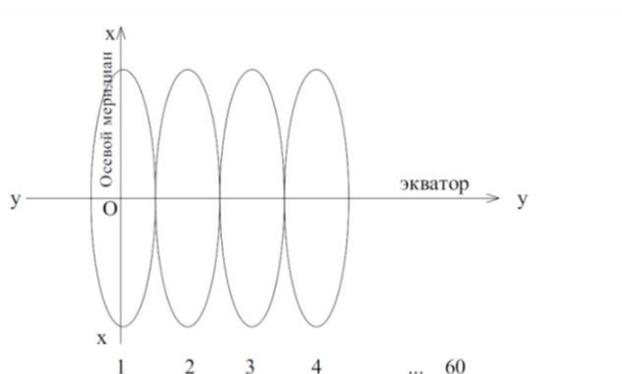


Рис. 3. Результат разворачивания цилиндра на плоскости

Для выполнения работ на всей территории СССР с 1946 года (постановление Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. № 760) использовалась геодезическая система координат СК-42 (Пулково 1942), основанная на эллипсоиде Красовского с длиной большой (экваториальной) полуоси  $a = 6378245$  м и сжатием  $f = 1:298,3$ . Этот референц-эллипсоид назван в честь советского астронома-геодезиста Феодосия Николаевича Красовского. Центр этого эллипсоида сдвинут по отношению к центру масс Земли примерно на 100 метров для максимального соответствия поверхности Земли на европейской территории СССР. Нулевой меридиан – Гринвичский меридиан (Greenwich prime meridian).

В настоящее время (в том числе и в системе GPS) широко используется эллипсоид WGS84 (World Geodetic System 1984) с длиной большой полуоси  $a$

= 6378137 м, сжатием  $f = 1:298,257223563$  и эксцентрисетом  $e = 0,081819191$ . Центр этого эллипсоида совпадает с центром масс Земли.

Нулевой меридиан — опорный меридиан (IERS Reference Meridian (International Reference Meridian)), проходящий в  $5,31''$  к востоку от Гринвичского меридиана. Именно от этого меридиана отсчитывается долгота в системе GPS (англ. GPS longitude) [7].

Геодезическими службами республики Узбекистан векторизация, формирование и архивирование базы данных пространственных объектов практически осуществляется в системе координат Пулково 1942. Так как, указанная система координат имеет наименьшие геопространственные искажения на территории республики, то объекты, построенные в данной системе, и информация о них входят в сферу государственной безопасности и, соответственно, ограничены для общего доступа.

Формирование карт полей и их размещение в приложении «Мои поля» разрабатываемой веб-платформы, осуществляется путем построения геометрических проекций сельскохозяйственных контуров в международной системе координат WGS84, по которой также проецируются космоснимки, строятся координаты и полигоны стационарных и мобильных объектов, транспортная телематика, используемые веб-платформой из других доступных открытых источников информации (глобальных и государственных геопорталов, систем спутникового мониторинга и т.д.).

В формируемых картах реальные пространственные объекты можно представить группой элементарных объектов, которая имея уникальный идентификатор, может рассматриваться как индивидуальный объект.

Существуют разные варианты связи пространственных и атрибутивных данных об индивидуальном пространственном объекте, которые именуют принципами взаимодействия ГИС с базой данных. Однако для всех трех вариантов схема связи пространственной и атрибутивной информации (рис. 4) одна — через идентификаторы ID.



Рис. 4. Схема связи пространственных и атрибутивных данных

Растровая модель данных — это цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности ячеек раstra (пикселей) с присвоенными им значениями класса объектов. Растровое представление предполагает позиционирование объектов с указанием их положения в соответствующей растре прямоугольной матрице единообразно для всех типов пространственных объектов (точек, линий, полигонов и поверхностей).

Векторная модель — представление данных точечного, линейного и площадного (полигонального, контурного) типов объектов, имеет аналогии в картографии, где различаются объекты с точечным, линейным и площадным характером пространственной локализации. Векторные модели исторически связаны с устройствами цифрования карт векторного типа (векторными

устройствами ввода) с ручным обводом, генерирующими поток пар плановых координат при движении курсора (обводной головки) по планшету цифрователя при отслеживании объектов помещенного на нем оригинала.

Следует отметить, что векторные представления пространственных объектов занимают в памяти ЭВМ значительно меньше места, чем растровые.

Цифровая модель геополя – это способ цифрового описания пространственных объектов, имеющих непрерывный характер в трехмерном пространстве. Цифровая модель геополя подразумевает, что для каждой точки внутри области определения геополя можно однозначно определить значение геополя в этой точке.

**Результаты исследований и их обсуждение.** По каждому хозяйству и контурам проведена паспортизация, с указанием наименования и реквизитов хозяйства, названия и кадастрового номера контуров, площади контуров по кадастровым документам и фактической площади производственных участков, назначения полей, данных почвенного обследования и другой атрибутики. На рисунке 5 приведена карта границ административно-территориальных делений.

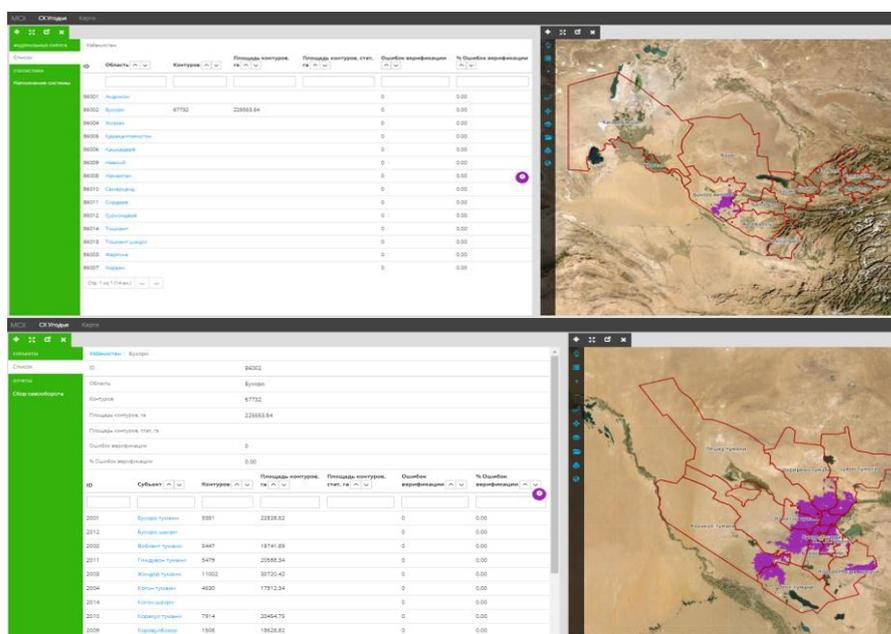


Рис. 5. Карта границ административно-территориальных делений

На рисунке 6 приведена карта границ подразделений сельскохозяйственных предприятий и контуров

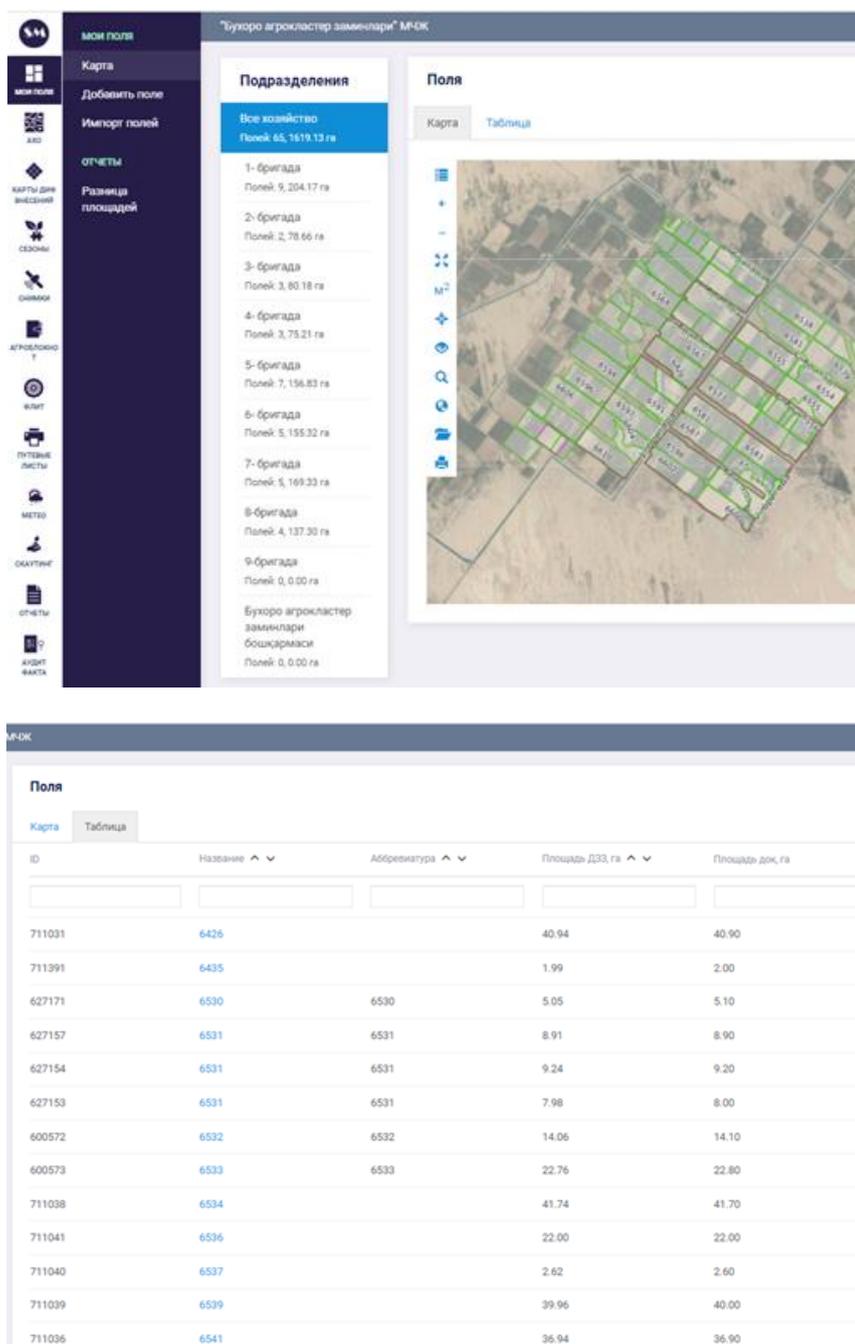


Рис. 6. Карта границ подразделений сельскохозяйственных предприятий и контуров

### Севооборот (сезоны)

Севооборот – это научно обоснованное чередование культур и паров на одном поле. Неоднократное последовательное выращивание какой-либо культуры на одном поле приводит к накоплению большого количества разнообразных вредителей, а также вредоносных возбудителей многочисленных болезней у растений.

Веб-платформа оснащена приложением «Сезоны», которое предоставляет уникальную возможность осуществлять эффективное распределение культур вместе с технологией выращивания на полях. Севообороты могут отображаться в виде ротационной таблицы (рис. 7), либо путем визуализации культур на карте полей (рис. 8).

2022	2021	2020
6426 Дл: 40.50 га ДЗ: 40.94 га	ХЛПК ХЛПК 6426 Площадь: 23.8 Урожай, ц/га: 0 01.09.2020 - 10.12.2022	ХЛПК ХЛПК 6435 Площадь: 2 Урожай, ц/га: 0 01.09.2019 - 10.12.2021
6435 Дл: 2.00 га ДЗ: 1.99 га	ОЗПШ ОЗПШ 6426 Площадь: 17.1 Урожай, ц/га: 0 01.09.2020 - 01.07.2021	ХЛПК ХЛПК 6435 Площадь: 2 Урожай, ц/га: 0 01.09.2019 - 10.12.2021
6530 Дл: 5.10 га ДЗ: 5.05 га	ОЗПШ ОЗПШ 6530 Площадь: 5.1 Урожай, ц/га: 0 01.09.2020 - 01.07.2021	ХЛПК ХЛПК 6530 Площадь: 5.1 Урожай, ц/га: 0 10.11.2019 - 26.10.2020
6531 Дл: 8.00 га ДЗ: 7.98 га	ОЗПШ ОЗПШ 6531 Площадь: 8	

Рис. 7. Севооборот в виде ротационной таблицы

При распределении севооборота используются технологии выращивания, на основе которых рассчитывается необходимое количество товарно-материальных ценностей.

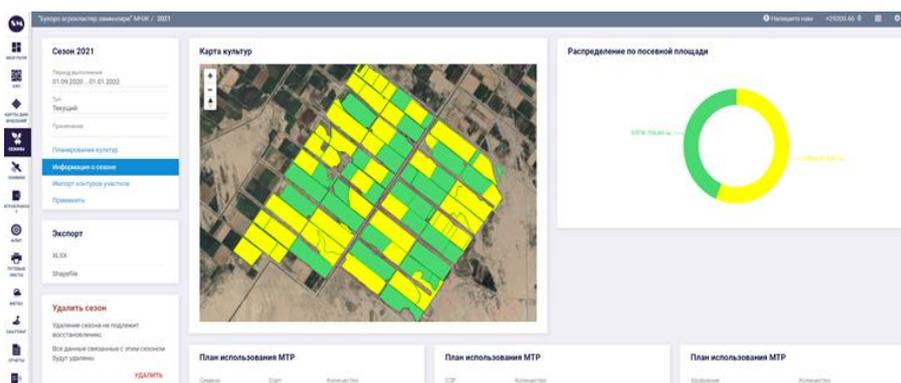


Рис. 8. Визуализация культур на карте полей и инфографика распределения посевных площадей

### *АХО и мониторинг NDVI*

Учитывая то, что почвенный покров является основой для возделывания сельскохозяйственных культур и во многом предопределяет потенциальный уровень их урожайности, система мониторинга сельскохозяйственных земель

впервые объединила в себе все три типа мониторинга: почвенный (с уточнением информации раз в несколько лет), АХО (с ежегодным уточнением информации) и мониторинг NDVI (с ежедневным или еженедельным уточнением информации). В этом случае система является наиболее эффективной, так как позволяет осуществлять мониторинг всех свойств земель, предопределяющих результативность сельскохозяйственного производства.

Для выполнения этих задач, на базе ООО «Бухара Агрокластер» была образована собственная почвенная лаборатория, оснащенная новым многофункциональным лабораторным оборудованием, а также мобильными приборами производства компании «Степ системс» для проведения экспресс-тестов в полевых условиях. Были организованы работы по планированию и отбору образцов грунта, в соответствии с действующей НТД, по идентификации образцов и их испытанию, формированию в системе агрохимических картограмм (рис. 9) на основе полученных результатов, с индикацией механического состава почв, а также уровней содержания хлорид и сульфат ионов, кислотности почвы, содержания азота, фосфора (рис. 10), калия (NPK), органических веществ (Гумуса), магния и других макро-, мезо- и микро-элементов питания.

Программное обеспечение лабораторного оборудования выполняет обработку результатов испытаний, их визуализацию в собственном интерфейсе, а также формирует рекомендации по нормам внесения в почву питательных элементов NPK.

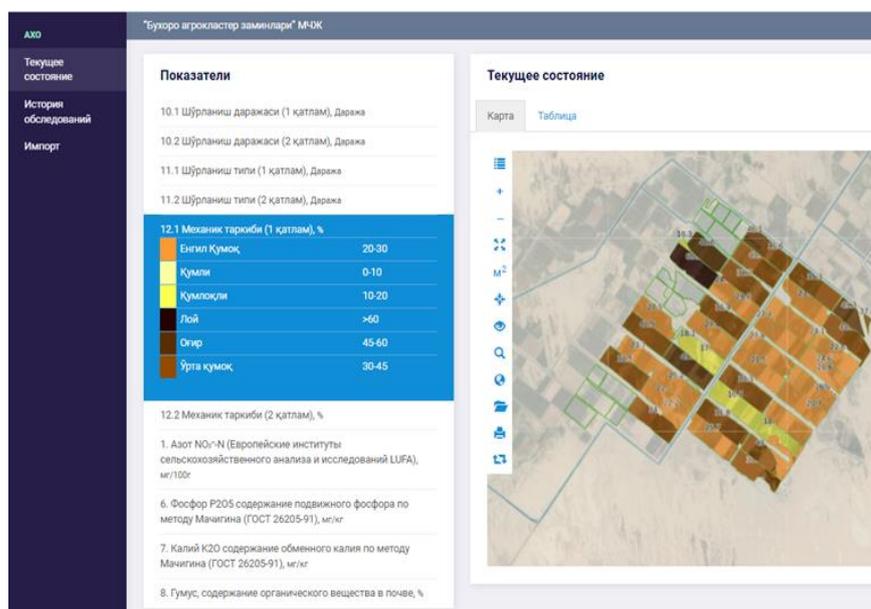


Рис. 9. Картограмма почвенного обследования (механический состав)

Отдельно следует выделять мониторинг агрохимического состояния почв, целью которого является поддержание на необходимом уровне содержания питательных элементов в почвах сельскохозяйственных земель. Основным методом является лабораторный анализ образцов пахотного (иногда и подпахотного) горизонта почв, который производится один раз в год, а в некоторых случаях – раз в 3 года.

Для расчета годовых норм внесения минеральных удобрений под хлопчатник, на основе научно обоснованных показателей был разработан уникальный алгоритм, который, учитывая структуру почвы и содержание в ней питательных веществ, позволяет, исходя из плановых показателей урожайности, подобрать норму и оптимальное соотношение NPK.

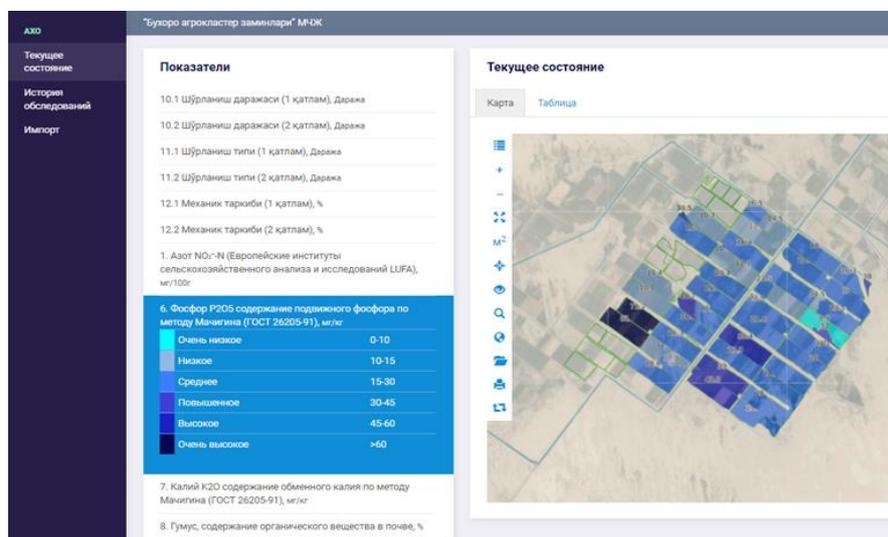


Рис. 10. Картограмма AXO (содержание подвижного фосфора)

В отличие от мониторинга почв, анализ NDVI осуществляется еженедельно или ежедекадно, а в отдельных случаях и ежедневно, периодичность также зависит состояния облачности над исследуемым участком. Картограмма вегетативного индекса приведена на рисунке 11.



Рис. 11. Картограмма вегетативного индекса

Спутниковый мониторинг состояния посевов хлопчатника, а также зерновых культур на базе систем ДЗЗ призван обеспечить объективный и регулярный контроль развития посевов, оценку продуктивности культур и целевого использования земель сельскохозяйственного назначения [8].

Спутниковые снимки в разных диапазонах (видимые, инфракрасные, тепловые) принимаются из открытых источников с использованием данных спутника Sentinel-2 разрешением 10/20/60м и отображаются в приложении «Снимки».

### Агроэкологическое обследование

Для организации проведения агроэкологических обследований задействовано приложение «Скаутинг», которое позволяет фиксировать результаты полевых осмотров и хранить истории их проведения. Результаты скаутинга и истории скаутинга могут отображаться на карте контуров и в табличном виде (рис. 12-14).

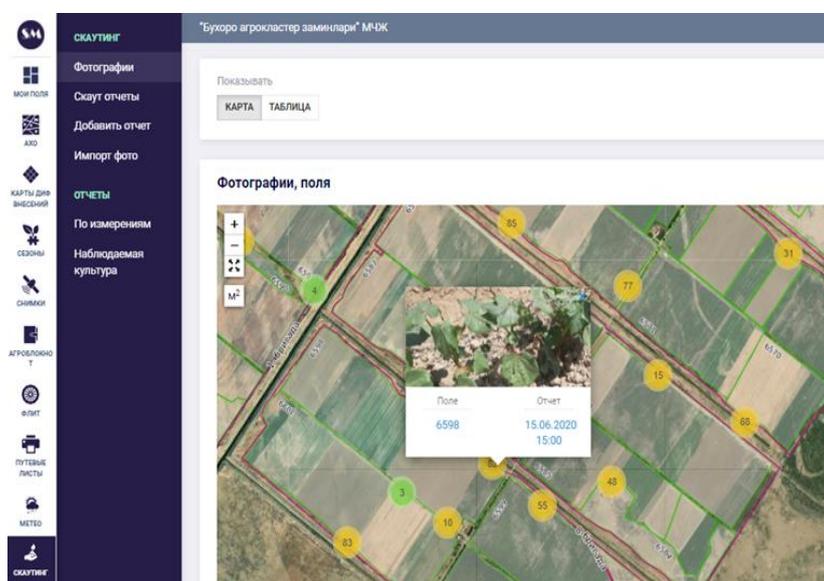


Рис. 12. Результаты скаутинга на карте контуров

The screenshot shows the 'Скаутинг' application interface with a table of scouting history. The table has the following columns: Название, Начало, Конец, Поле, Участок, Исполнитель, Длительность, Количество фото, and Даты. The data rows are as follows:

Название	Начало	Конец	Поле	Участок	Исполнитель	Длительность	Количество фото	Даты
Скаут отчет	31.10.2021	31.10.2021			Исламова Хайратовна	ДЗЗ	1	31.10.2021 06:37
A30	26.07.2021	26.07.2021	6600	6600			1	26.07.2021 10:58
A30	19.07.2021	19.07.2021	6600	6600			1	19.07.2021 04:48
A30	19.07.2021	19.07.2021	6600	6600			1	19.07.2021 04:48
A30	19.07.2021	19.07.2021	6600	6600			1	19.07.2021 04:48
A30	19.07.2021	19.07.2021	6600	6600			1	19.07.2021 04:48
A30	19.07.2021	19.07.2021	6600	6600			1	19.07.2021 04:48
A30	19.07.2021	19.07.2021	6600	6600			1	19.07.2021 04:48
Скаут отчет	09.07.2021	09.07.2021	6600	6600	bob		39	13.07.2021 06:43

Рис. 13. Истории скаутинга

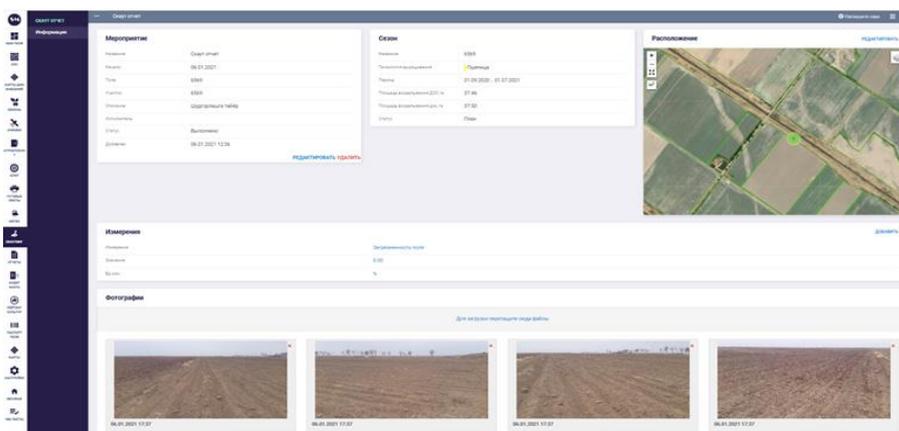


Рис. 14. Истории скаутинга на отдельном контуре (6569)

На основании исследований изучаются агроэкологические факторы, создаются схемы агроэкологического зондирования землепользования с целью контроля проведения мероприятий и мониторинга развития растений. Приложение обеспечивает сбор, хранение, обработку и визуализацию данных агроэкологических обследований (параметры, фотографии,) (рис.15) и интегрированное с сервисом, при помощи которого полевой агроном делает фотографии состояния полей с привязкой к местоположению и фиксирует.

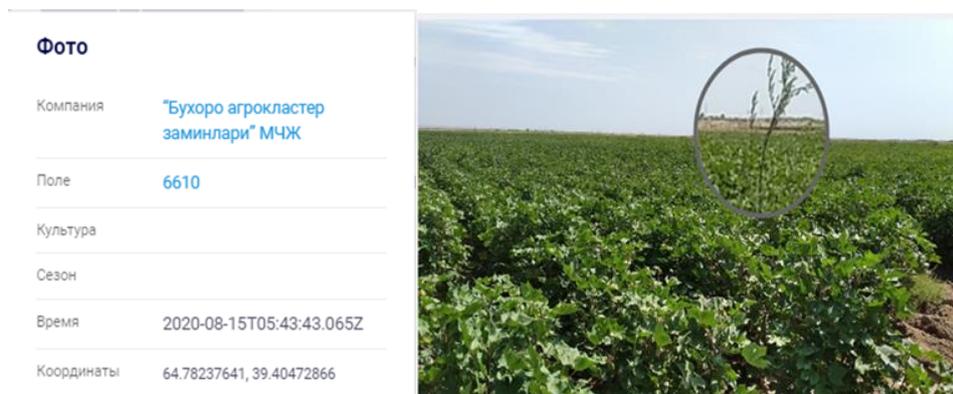


Рис. 15. Детализация снимков

#### ***Анализ погодных условий (Метео)***

Одну из немаловажных ролей в растениеводстве играет своевременное получение метеоданных и прогноза погоды, наличие которых позволяет проводить корректировку плана мероприятий.

Для обеспечения данных возможностей Веб-платформой реализовано приложение «Метео», в котором предусмотрено получение информации с «умных» метеостанций, установленных в хозяйстве, и из открытых источников (GFS-станций) (рис. 16-17). Метеоданные доступны в табличном виде и на графиках с возможностью просмотра истории .

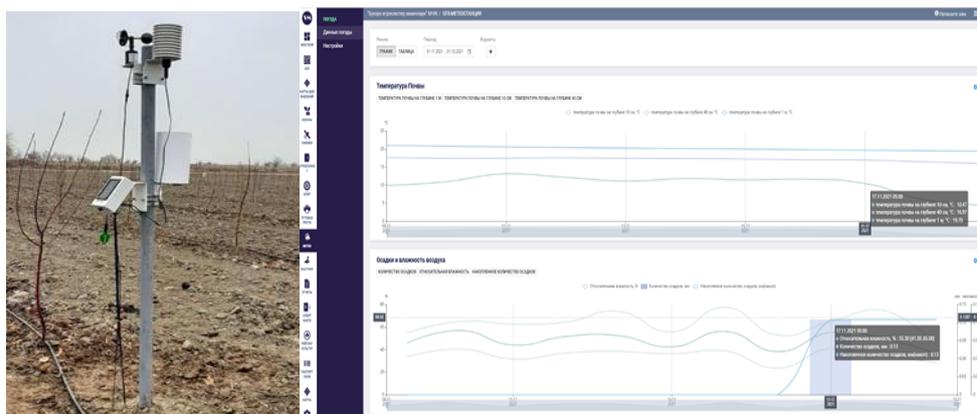


Рис. 16. Метеостанция и виджеты показаний GFS-станций

Дата	Температура воздуха на высоте 0,2 м, °C	Температура почвы на глубине 10 см, °C	Температура почвы на глубине 30 см, °C	Температура росы на высоте 0,2 м, °C	Температура воздуха, °C	Температура поверхности, °C	Влажность воздуха на высоте 0,2 м, %
09.11.2021	17,4	27,5	19,1	9,9	12,9	12,7	49,0
10.11.2021	17,4	28,4	19,2	10,8	12,2	12,9	50,0
11.11.2021	17,6	28,8	19,7	10,8	12,1	12,7	49,0
12.11.2021	17,6	29,4	20,1	10,2	12,1	12,7	49,0
13.11.2021	17,3	29,4	20,4	10,2	12,1	12,7	49,0
14.11.2021	17,4	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
15.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
16.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
17.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
18.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
19.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
20.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
21.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
22.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
23.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
24.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
25.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
26.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
27.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
28.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
29.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0
30.11.2021	17,2	29,1	20,2	10,8	12,1	12,7	49,0

Рис. 17. Показания GFS-станций в табличном виде

Для организации погодного мониторинга ООО «Бухара Агрокластер», во всех районах Бухарской области было установлено двенадцать стационарных метеостанций, оснащенных датчиками температуры воздуха и почвы, датчиками относительной влажности воздуха, влажности листа и почвы на двух уровнях (10 и 30 см), барометром, анемометром, осадкомером, а также солнечными панелями с аккумулятором и GSM-станцией, которые обеспечивают автономную работу в полевых условиях и пакетную передачу данных для обработки и визуализации в собственном веб-интерфейсе (рис. 18).

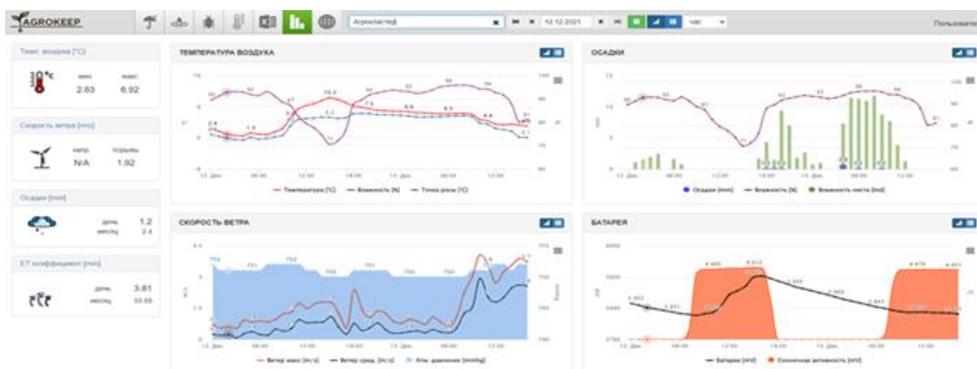
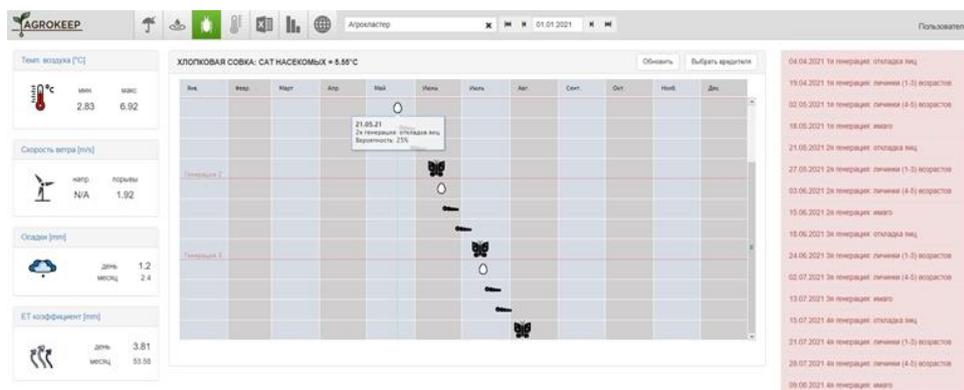


Рис. 18. Показания стационарных метеостанций в графическом виде

Помимо отчетных данных о погоде на текущий день и за прошедший период, вэб-платформой производится анализ показателей метеостанций и других открытых источников, на основе которого формируется прогноз погоды (рис. 19) на ближайшие 5 дней, а также модели возникновения и развития болезней растений и насекомых вредителей, что существенно повышает объективность оценки текущей ситуации и принятия руководством своевременных упреждающих мер. На рисунке 20 приведена Модель развития насекомых вредителей и дифференциальное внесение.



Рис. 19. Прогноз погоды

Рис. 20. Модель развития насекомых вредителей  
Дифференциальное внесение

На базе данных АХО обследования и анализа спектральных снимков NDVI, выявляются проблемные участки с недостаточным или избыточным содержанием питательных элементов, для которых рассчитываются дифференцированные нормы посева, внесения удобрений и СЗР. Система позволяет в простом и удобном интерфейсе производить выборки по контурам сельхозпредприятий (фермерских хозяйств), разбивать их на точечные участки с различным разрешением (15, 24, 30, 36, 60, 90, 120 и 150 м), выбирать уровень дифференциации (3, 5, 7 или 14 уровней) и азимут гона (0 – 360 град.), а затем, с учетом данных АХО и индекса NDVI, формировать на определенный контур и дату карту (план) точечного внесения для последующей передачи в модули систем точного земледелия и практической реализации данных мероприятий на полях.

С помощью приложения «Карты дифференциального внесения» (рис.21) осуществляется переход от равномерного расхода удобрений и СЗР к их дифференцированному внесению, исходя из реальной потребности. Система помогает сократить расходы удобрений и средств защиты растений, повысить эффективность действия внесенных веществ, что приводит к экономии до 30% всех ТМЦ.

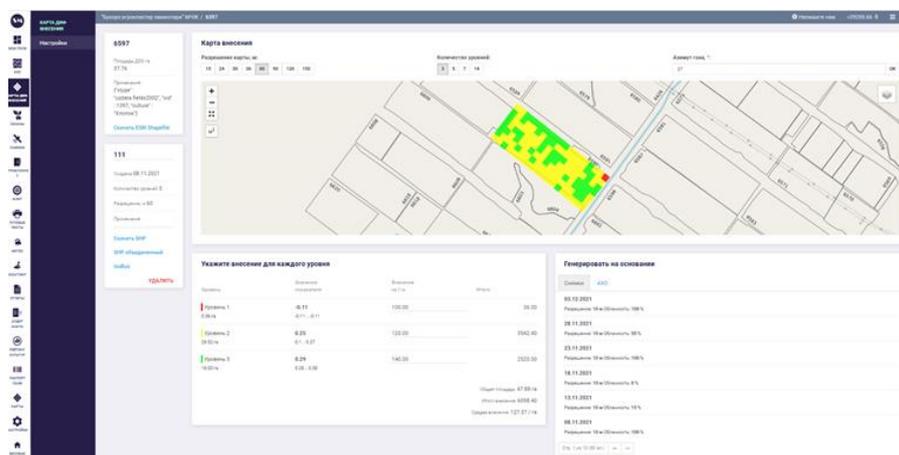


Рис. 21. Карта дифференциального внесения

### Мониторинг движения техники

Применение спутниковых технологий обеспечит точное проведение всех сельскохозяйственных мероприятий и при использовании приложения «Флит» увеличивается степень контроля за каждой техникой, оснащенной мониторингом, что позволяет повысить эффективность ее использования. Диспетчер контролирует работу машин, отслеживая их маршруты и точки простоев, анализирует полученную информацию (рис.22).

Данные мониторинга техники используются в системе при расчете обработанной площади и проверке достоверности данных производственного учета. На рисунке 23 приведены виджеты сенсоров телематики.

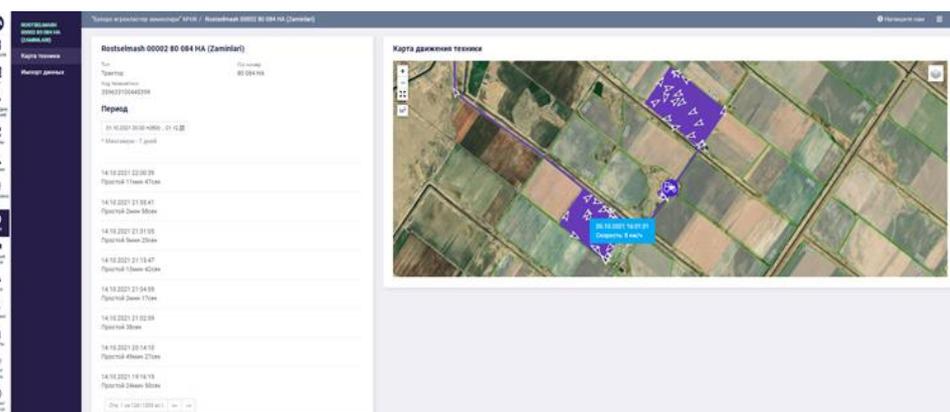


Рис. 22. Карта движения техники

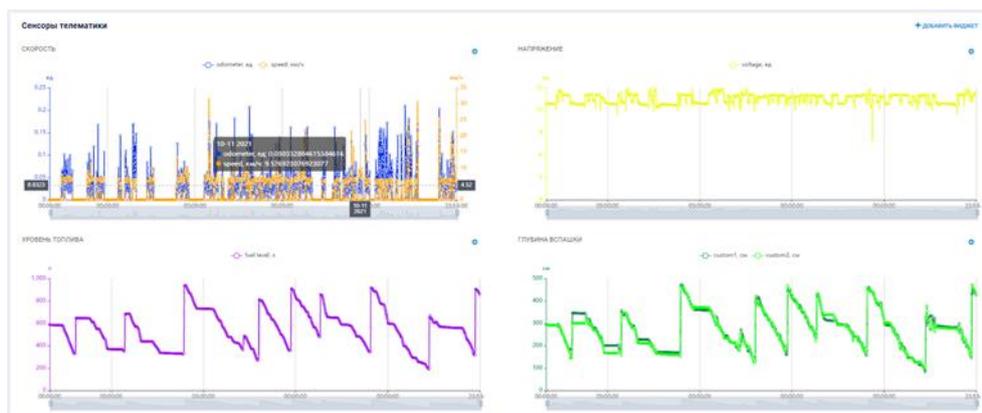


Рис. 23. Виджеты сенсоров телематики

Построение геометрических проекций передвижения техники осуществляется с визуализацией показателей рабочего времени, скорости передвижения, расхода топлива и других технических показателей, а также технологических показателей обработки земли (глубина вспашки (рис. 24)).

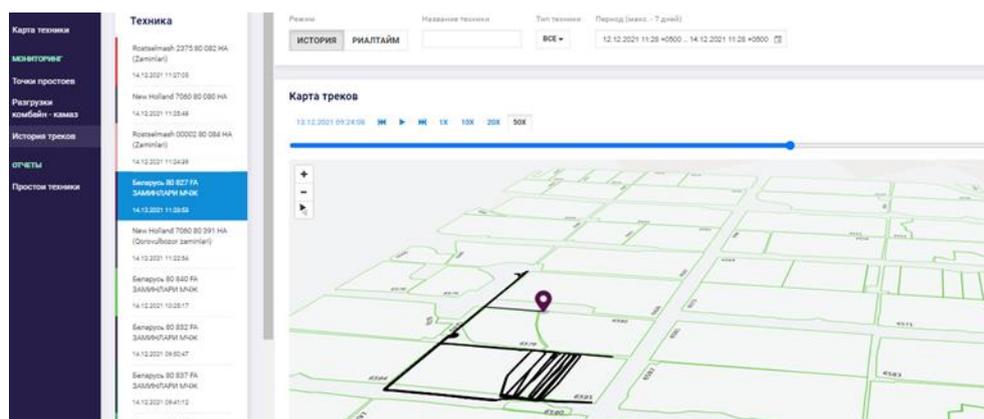


Рис. 24. История треков в записи

### **Планирование и аудит факта агротехнических мероприятий**

В соответствии с технологией выращивания в каждом сельхозпредприятии (фермерском хозяйстве) для каждого контура и размещенной на нем культуры устанавливается сезонный план работ, согласно которому определены сроки, порядок и нормируемые показатели проведения агротехнических мероприятий. Однако, с учетом погодных условий, состояния посева и вегетации, а также других показателей оперативной обстановки, зачастую требуется проведение корректировки указанного плана.

Приложение “Агроблокнот” предназначено для выполнения по каждому контуру оперативного планирования агротехнических мероприятий, протоколирования выполненных операций и их параметров, с присвоением статуса фактически выполненных, находящихся в работе, а также запланированных мероприятий. На рисунке 25 приведен план/факт выполнения уборки хлопка на контуре № 6539.

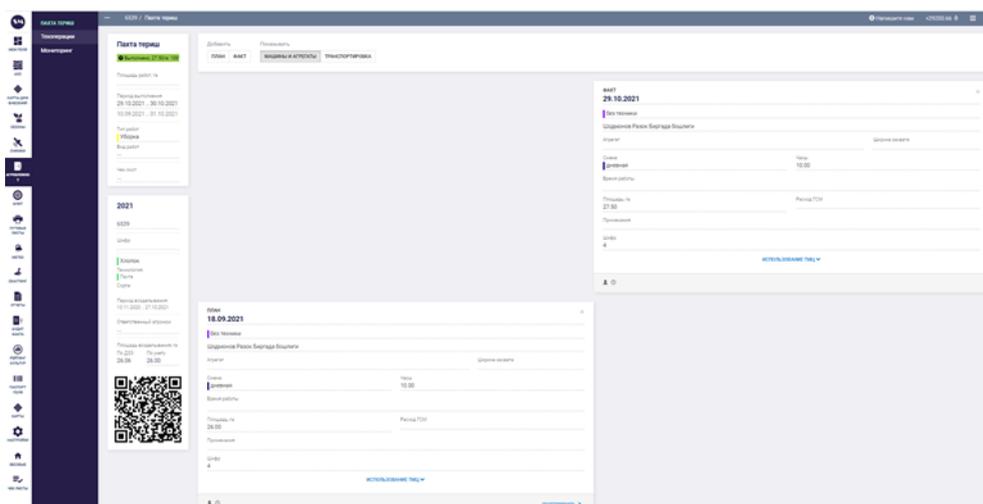


Рис. 25. План/факт выполнения уборки хлопка на контуре № 6539

Приложение позволяет отслеживать полноту и своевременность выполнения работ на производственных участках и контурах, выявлять различия в плановых и фактических затратах материально-технических ресурсов и на основании этих данных строить сводную отчетность в разрезе АТД и хозяйства (рис. 26-28).

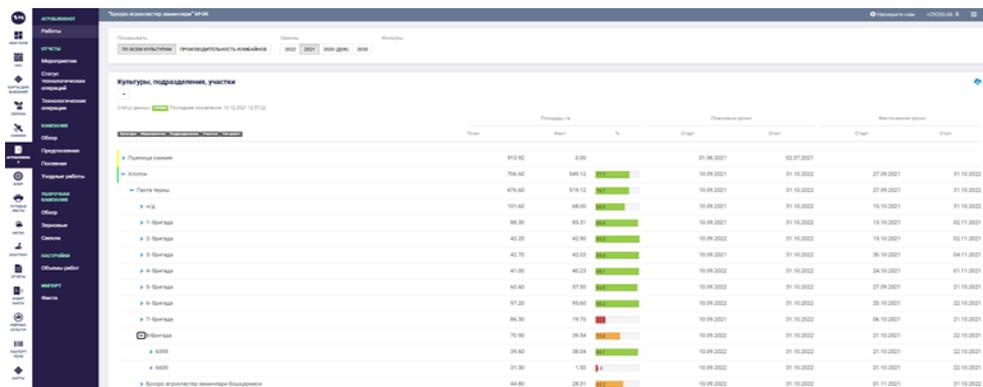


Рис. 26. Сводный отчет по хозяйству

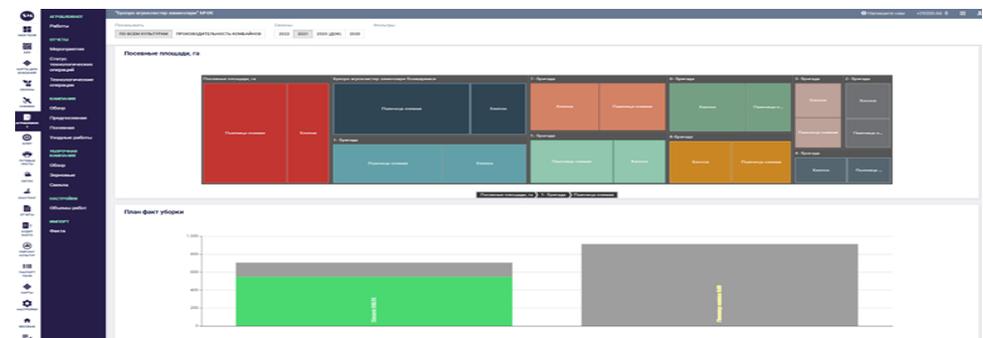


Рис. 27. Инфографика по хозяйству



мероприятий в разрезе области, районов, территорий, фермерских хозяйств и контуров, а также оперативной информации по выявленным недостаткам.

В задачи операторов входит также инвентаризация и экспликация сельскохозяйственных земель, картографирование реальной структуры земельных угодий на землях сельскохозяйственного назначения (пашня, луга, сады, многолетние насаждения, залежи и неиспользуемые земли), картографирование севооборотов, определение реальной структуры посевных площадей, выявление неиспользуемых земель, определение участков зарастания сельскохозяйственных земель кустарниковой растительностью, обновление почвенных карт, дистанционное картографирование свойств почвенного покрова (содержание органического вещества, развитие эрозионных процессов, степень увлажнения), выявление фактов несанкционированного использования сельскохозяйственных земель.

Оперативным штабом, на постоянной основе, проводится инвентаризация орошаемых земель в разрезе землепользователей и сортового размещения культур, вносятся необходимые атрибуты в систему 67 732 контуров на 225553 га посевных площадей Бухарской области, предусматривающие корректировку планов сельскохозяйственных угодий с нанесением границ полей севооборотов, определением их размеров и конфигурации, границ отдельных участков [9].

В рамках реализации практических мер информационного обеспечения предусмотрено оснащение руководителей территорий и полевых агрономов необходимыми мобильными устройствами (планшет) и интернет-связью.

Сельхозтехника ООО «Бухара Агрокластер», оснащается GPS-модулями и сенсорами телематики, а на сельскохозяйственных агрегатах (плуги, культиваторы, сеялки и прочие) будут установлены RFID метки. Контроль передвижения техники и выполнения операций на полях, автоматический расчёт обработанной площади, осуществляется с использованием системы слежения Wialon.

Проводятся работы по дальнейшему развитию деятельности агрохимической лаборатории почвенного обследования сельхозугодий Бухарской области. Лаборатория обеспечит отбор и идентификацию проб почвы, испытание проб в лабораторных условиях, введение электронной информации в систему. По результатам проведенных химических анализов почвы будут формироваться агрохимические карты, с индикацией уровней содержания в почве хлорид и сульфат ионов, кислотности почвы, содержания фосфора, магния, азота, органических веществ, калия и других макро, мезо и микроэлементов питания. Агрохимкарты в свою очередь позволят приступить к точечному внесению органических и минеральных удобрений. В перспективе лаборатория сможет обеспечивать потребности в агрохимических обследованиях не только в хозяйствах Бухарской области, но и в соседних регионах.

**Заключение.** Предложенный современный подход для организации сельхозпроизводства целенаправлен на сокращение потерь и расходов, повышение качества и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и вырабатываемой из неё продукции на национальном и международном рынках [10].

Работа по реализации мероприятий по внедрению системы ДЗЗ, рассчитанной на перспективу, продолжается в соответствии с намеченными планами.

## Список литературы

1. Усовик, И.В. Автоматизированный программный комплекс для параметрического анализа и оптимизации планирования целевого функционирования космических систем ДЗЗ [Текст] / И.В. Усовик, В.В. Дарнопых // Электронный журнал "Труды МАИ". – 2013. – № 65.
2. Бухарицин, А.П. Проблемы оценки эффективности технологий дистанционного зондирования земли из космоса [Текст] / А.П. Бухарицин // *Фундаментальные исследования*. – 2021. – № 9. – С. 12-20.
3. Цифровизация в сельском хозяйстве: технологические и экономические барьеры в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/tsifrovizatsiya-v-selskom-hozyaystve-tehnologicheskie-i-ekonomicheskie-barery-v-rossii-20170913024550](https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/tsifrovizatsiya-v-selskom-hozyaystve-tehnologicheskie-i-ekonomicheskie-barery-v-rossii-20170913024550) Дата обращения 15.12.2021.
4. Булгакин, Д.С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством [Текст] / Д.С. Булгакин // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2021. – №2 (104). Часть 1. Февраль
5. Султанов, А.А. Система цифрового дистанционного мониторинга сельскохозяйственных угодий "Agro Smart Map" [Текст] / А.А. Султанов, Р.А. Гуляев, Р.Ф. Юнусов // Патент DGU 08762, приоритет 20.07.2020 г.
6. Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [https://aspektcenter.ru/tablitisa-gaussa-kryugera-eto/#:~:text=Система%20координат%20Гаусс-Крюгера%20-%20это,поперечного%20цилиндра%20\(поперечная%20проекция%20Меркатора\)](https://aspektcenter.ru/tablitisa-gaussa-kryugera-eto/#:~:text=Система%20координат%20Гаусс-Крюгера%20-%20это,поперечного%20цилиндра%20(поперечная%20проекция%20Меркатора)) Дата обращения 15.12.2021.
7. Практическая картография [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://blog.foxylab.com/prakticheskaya-kartografiya> Дата обращения 15.12.2021.
8. Гуляев, Р.А. Мировой хлопок: вчера, сегодня, завтра [Текст] / Р.А. Гуляев, Х.С. Усманов, А.Е. Лугачев // Publisher: LAP LAMBERT ACADEMIC PUBLISHING ISBN: 978-620-2-06667-9. – 2017.
9. Гуляев Р.А., Султонов А.А., Юнусов Р.Ф., Рафиков Д.Р., Ибодуллаев О.О. Разработка и внедрение автоматизированной системы, обеспечивающей формирование и отгрузку текстильным предприятиям однородных по параметрам качества партий хлопкового волокна [Текст] / Р.А. Гуляев, А.А. Султонов, Р.Ф. Юнусов, Д.Р. Рафиков, О.О. Ибодуллаев // *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности*. – 2022. – № 1 (397), – С. 155-162
10. Gulyaev R.A., Sultonov A.A., Yunusov R.F., Rafikov D.R. On the development of a system for digital remote monitoring of agricultural land // *The American Journal of Agriculture and Biomedical Engineering*, 2022. Vol. 4, No 03. P. 42-49.

Материал поступил в редакцию 24.11.22.

**Р.А. Гуляев<sup>1</sup>, А.А. Султонов<sup>1</sup>, Р.Ф. Юнусов<sup>1</sup>, Д.Р. Рафиков<sup>1</sup>, Қ.Р. Гуляева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«Paxta Ilmiy-Innovasiya Markazi» жауапкершілігі шектеулі серіктестігі  
Ташкент қ., Өзбекстан Республикасы

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖЕРЛЕРІН ЦИФРЛЫҚ ҚАШЫҚТАН БАҚЫЛАУ  
ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ ТУРАЛЫ**

**Аңдатпа.** Бұл зерттеудің мақсаты, бастапқы есеп деректерін қалыптастыру үшін агроөнеркәсіп кешенін цифрландыру, есепке алу процестерін автоматтандыру, адам

факторының әсерін азайту негізінде, жерді қашықтықтан зондтау жүйесін әзірлеу және еңгізу болып табылады. Бұл егіс алқаптарының жай-күйін жедел бақылау, агротехникалық шараларды жоспарлау, егістікте жұмыс істейтін техниканы бақылауға мүмкіндік береді. Жобаны іске асыру шеңберінде «Бұқара Агрокластер» жауапкершілігі шектеулі серіктестігі базасында жедел жоспарларды жүргізуді және ауыл шаруашылығы жұмыстарын жүргізу фактісін есепке алуды және облыс, аудандар, аумақтар, шаруашылықтар мен аудандар контекстінде агротехникалық іс-шараларды бақылау үшін талдамалық материалдарды және анықталған кемшіліктер туралы жедел ақпараттарды дайындауды қамтамасыз етуге арналған аудандық және аумақтық қашықтықтан зондтау операторларынан тұратын қашықтықтан зондтау жүйесінің жедел штабы құрылды. Бір қашықтықтан зондтау операторына орта есеппен 400-600 тізбек тиесілі. Зертхана топырақ үлгілерін іріктеуді және сәйкестендіруді, үлгілерді зертханалық жағдайда сынауды, электронды ақпаратты жүйеге енгізуді қамтамасыз етеді. Топырақтың химиялық талдау нәтижелері бойынша топырақтағы хлорид пен сульфат иондары деңгейінің, топырақтың қышқылдығының, фосфордың, магнийдің, азоттың, органикалық заттардың, калийдің және басқа макро-, мезо- және микро-элементтердің агрохимиялық карталарының пайда болуына мүмкіндік туады. Агрохимиялық карталар өз кезегінде топырақтағы қоректік заттардың болуына қарай органикалық және минералды тыңайтқыштарды сараланған (нүктелік) енгізуді бастауға мүмкіндік береді. Уақыт өте келе зертхана тек Бұхара облысының шаруа қожалықтарының ғана емес, сонымен қатар көршілес облыстардың да агрохимиялық зерттеулерге қажеттілігін өтей алады. Ауыл шаруашылығы өндірісін ұйымдастырудың ұсынылып отырған заманауи тәсілі ысыраптар мен шығындарды азайтуға, ауыл шаруашылығы өнімдері мен одан алынатын өнімдердің ұлттық және халықаралық нарықтарда сапасы мен бәсекеге қабілеттілігін арттыруға бағытталған.

**Тірек сөздер:** жерді қашықтықтан зондтау жүйесі, ауыл шаруашылығы саласын цифрландыру, жедел мониторинг, егіс алқаптары.

R.A. Gulyaev<sup>1</sup>, A.A. Sulonov<sup>1</sup>, R.F. Yunusov<sup>1</sup>, D.R. Rafikov<sup>1</sup>, K.R. Gulyaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LLC "Paxta Ilmiy-Innovasiya Markazi" Tashkent, Uzbekistan

#### ABOUT DEVELOPMENT OF A DIGITAL REMOTE MONITORING SYSTEM OF AGRICULTURAL AREAS

**Abstract.** The purpose of this study is the development and implementation of a remote sensing system for the formation of primary accounting data based on digitalization of the agricultural sector, automation of accounting processes, reduction of the influence of the human factor, which allows for on-line monitoring of the state of sown areas, planning agrotechnical measures, control of equipment operating in the fields. As part of the work on the implementation of the project on the basis of Bukhara Agrocluster LLC, an operational headquarters of the remote sensing system was created, consisting of district and territorial remote sensing operators, designed to ensure the maintenance of operational plans and recording the fact of agricultural operations, preparation of analytical materials for monitoring agrotechnical measures in the context of the region, districts, territories, farms and contours, as well as operational information on the identified deficiencies. One ERS operator has an average of 400-600 contours. The laboratory will ensure the selection and identification of soil samples, testing of samples in laboratory conditions, the introduction of electronic information into the system. Based on the results of the chemical analyzes of the soil, it will be possible to form agrochemical maps, indicating the levels of chloride and sulfate ions in the soil, soil acidity, the content of phosphorus,

magnesium, nitrogen, organic matter, potassium and other macro, meso and microelements of nutrition. Agrochemical maps, in turn, will allow you to start differentiated (point) application of organic and mineral fertilizers, depending on the availability of nutrients in the soil. Over time, the laboratory will be able to meet the needs for agrochemical surveys not only in the farms of the Bukhara region, but also in neighboring regions. The proposed modern approach for organizing agricultural production is aimed at reducing losses and costs, improving the quality and competitiveness of agricultural products and products from it in the national and international markets.

**Keywords:** remote sensing systems of the earth, digitalization of the agricultural sector, operational monitoring, sown areas.

#### References

1. Usovik, I.V., Darnopykh, V.V. Avtomatizirovannyj programmnyj kompleks dlya parametricheskogo analiza i optimizacii planirovaniya celevogo funkcionirovaniya kosmicheskikh sistem DZZ [Automated software package for parametric analysis and optimization planning of target operation of remote sensing space systems] // Elektronnyj zhurnal "Trudy MAI" [Electronic Journal of "MAI Proceedings"]. 2013. Issue No. 65. [in Russian]
2. Bukharitsyn, A.P. Problemy ocenki effektivnosti tekhnologij distancionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa [Problems of Evaluating the Effectiveness of Earth Remote Sensing Technologies from Space] // Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental Researches]. 2021. № 9. P. 12-20. [in Russian]
3. Cifrovizaciya v sel'skom hozyajstve: tekhnologicheskie i ekonomicheskie bar'ery v Rossii [Digitalization in agriculture: technological and economic barriers in Russia] [Electronic resource]. URL: [json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/tsifrovizatsiya-v-selskom-hozyajstve-tehnologicheskie-i-ekonomicheskie-barery-v-rossii-20170913024550](https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/tsifrovizatsiya-v-selskom-hozyajstve-tehnologicheskie-i-ekonomicheskie-barery-v-rossii-20170913024550) (accessed 15.12.2021). [in Russian]
4. Bulgakin D.S. Cifrovye tekhnologii upravleniya sel'skim hozyajstvom [Digital technologies of agricultural management] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. 2021. №2 (104). Part 1. February. [in Russian]
5. Sultanov A.A., Gulyaev R.A., Yunusov R.F. Sistema cifrovogo distancionnogo monitoringa sel'skohozyajstvennyh ugodij "Agro Smart Map" [Digital remote monitoring system of agricultural lands "Agro Smart Map"]: Patent DGU 08762, priority 20.07.2020. [in Russian]
6. Pryamougol'naya sistema koordinat Gaussa-Kryugera [Gauss-Kruger rectangular coordinate system] [Electronic resource]. URL: [https://aspektcenter.ru/tablitssa-gaussa-kryugera-eto/#:~:text=System%20coordinates%20Gauss-Krueger%20-%20it,cross%20cylinder%20\(cross%20projection%20Merkatra\)](https://aspektcenter.ru/tablitssa-gaussa-kryugera-eto/#:~:text=System%20coordinates%20Gauss-Krueger%20-%20it,cross%20cylinder%20(cross%20projection%20Merkatra)) (accessed 15.12.2021). [in Russian]
7. Prakticheskaya kartografiya [Practical cartography] [Electronic resource]. URL: <https://blog.foxylab.com/prakticheskaya-kartografiya> (accessed 15.12.2021).
8. Gulyaev R.A., Usmanov H.S., Lugachev A.E. Mirovoj hlopok: vchera, segodnya, zavtra [World cotton: yesterday, today, tomorrow]: 2017, Publisher: LAP LAMBERT ACADEMIC PUBLISHING ISBN: 978-620-2-06667-9. [in Russian]
9. Gulyaev, R.A., Sultonov, A.A., Yunusov, R.F., Rafikov, D.R., Ibodullaev, O.O. Razrabotka i vnedrenie avtomatizirovannoj sistemy, obespechivayushchej

- formirovanie i otgruzku tekstil'nym predpriyatiyam odnorodnyh po parametram kachestva partij hlopkovogo volokna [Development and implementation of automated system providing formation and shipment to textile enterprises of cotton fibre batches homogeneous in quality parameters] // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi [Proceedings of Higher Educational Institutions, Series Technology of the Textile Industry] Promyshlennost' . 2022. № 1 (397), – 155-162 p. [in Russian]
10. Gulyaev R.A., Sultonov A.A., Yunusov R.F., Rafikov D.R. On the development of a system for digital remote monitoring of agricultural land // The American Journal of Agriculture and Biomedical Engineering. 2022. Vol. 4, No 03. P. 42-49.