С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

СТРАТЕГИЯ УСПЕШНОГО РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ – ПРЕЦИЗИОННОЕ ОРОШЕНИЕ

Цель: проанализировать отечественный и зарубежный опыт применения систем или отдельных элементов прецизионного орошения. В статье представлен анализ литературных источников, научно-технической информации о разработке и использовании в сельскохозяйственном производстве технико-технологических средств для технологий прецизионного орошения, в т. ч. работ иностранных исследователей. В результате проведенной работы установлено: большинство авторов сходятся во мнении, что использование прецизионного земледелия невозможно без развития способов дистанционного зондирования агрокомплекса, улучшения качества спектральной съемки. **Выводы.** На фоне анализа и рассмотрения работ разных исследователей авторами статьи сделан вывод, что предложенный сотрудниками Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации комплекс технико-технологических средств (решений) дождевальной техники для прецизионного орошения является перспективной разработкой и его можно использовать в составе современных дождевальных машин. Суть разработки заключается в следующем: полученные данные дистанционного зондирования, объектом которого является влажность растений по сегментам поля, и данные о позиционировании дождевальной машины на поле позволяют процессору, установленному на машине, обработать данные и осуществлять технологию прецизионного орошения, при которой на каждый сегмент поля подается дозированный объем воды с расчетом выравнивания влажности почвы на всем поле при каждом поливе.

Ключевые слова: стратегия; мелиорация; прецизионное орошение; водопотребление; дождевальная машина; поливная норма.

S. M. Vasilyev, A. N. Babichev, V. A. Monastyrskiy, V. Ig. Olgarenko
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

PRECISION IRRIGATION – STRATEGY FOR SUCCESSFUL DEVELOPMENT OF RECLAMATION

Purpose: to analyze domestic and foreign experience in the application of systems or individual elements of precision irrigation. The analysis of literary sources, scientific and technical information on the development and use in agricultural production of technical and technological means for precision irrigation technology, including the work of foreign researchers is presented. As a result of the work carried out, it was found that most authors agree that the use of precision farming is impossible without the development of methods for remote sensing of the agricultural complex, improving the quality of spectral survey. **Conclusions.** Against the background of the analysis and consideration of the work of various researchers, it is concluded that the complex of technical and technological means (solutions) of sprinkling equipment for precision irrigation proposed by the staff of the Russian Scientific

Research Institute of Land Improvement Problems is an advanced development and can be used as part of modern sprinkler machines. The essence of the development is as follows: the obtained data of remote sensing, the object of which is the moisture content of plants by field segments and the data on the positioning of the sprinkler on the field allow the processor installed on the machine to process the data and implement precision irrigation technology, in which the dosed volume of water is supplied for each field segment with the calculation of soil moisture levelling throughout the field at each irrigation.

Key words: strategy; land reclamation; precision irrigation; water consumption; sprinkler; irrigation rate.

Введение. Актуальность рассмотрения и анализа отечественного и зарубежного опыта применения систем или отдельных элементов прецизионного орошения заключается в использовании научно-технической информации, представляемой на открытых форумах, конференциях, в журналах различной степени влияния, монографиях и книгах, опубликованной за 2014–2019 гг. Обзор текущего научно-технического уровня развития прецизионного орошения проведен с целью дальнейшего совершенствования рассматриваемой отрасли сельского хозяйства, рационализации водопользования, минимизации ресурсозатрат для получения единицы урожая вместе с обеспечением стабильной и высокой продуктивности растениеводства, устойчивой и контролируемой экологической обстановки в агроландшафте.

В работе В. П. Якушева, Л. В. Козыревой, Ю. Р. Ситдиковой, А. В. Доброхотова и А. Е. Ефимова [1] представлены положения о разработке компьютерной технологии, обеспечивающей расчет водопотребления, вместе с системой поддержки принятия решений. Авторы столкнулись с проблемой невозможности определения влажности почвы с помощью дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на протяжении всего вегетационного периода из-за нарастания растительного покрова. Предлагается использовать совместно с методами ДЗЗ методы математического и имитационного моделирования.

В расчетных моделях использовалась эталонная или луговая эвапотранспирация и потенциальная эвапотранспирация. Сроки поливов предлагается определять с помощью CWSI-индекса (Crop Water Stress Index),

который зависит от температуры поверхности растений, ее верхних и нижних критериев, а также от общих гидрометеорологических условий, определяемых комплексно системой АМПАК, разработанной на базе Агрофизического научно-исследовательского института (ФГБНУ «АФИ»). В результате установлено различие между эталонной эвапотранспирацией и реальной со значениями от 1,2 до 4,8 мм, прямо пропорционально зависящее от доступной растениям влаги. В результате авторы рекомендуют корректировать температуру подстилающей поверхности из-за серьезных ошибок, которые вызывают отклонения даже в 1 °С, а использование компьютерного комплекса вместе с данными ДЗЗ повышает точность определения биологического водопотребления сельскохозяйственных культур.

И. М. Михайленко и В. Н. Тимошин [2] установили, что дефицит влаги в сельскохозяйственном производстве является главным лимитирующим фактором для условий большинства почвенно-климатических зон России. В работе уделено особое внимание созданию современной системы орошения сельскохозяйственных культур, направленной на ресурсосбережение, снижение рисков потери урожая, увеличение безопасности эксплуатации.

Авторы отмечают существующие недостатки базового подхода к расчету поливной нормы и срока проведения поливов, например, использование приближенных физических единиц гидрометеорологического состояния агроландшафта без учета конкретного состояния рассматриваемого орошаемого поля. Более совершенными являются методы эксплуатации оросительных систем, при которых измеряется влажность почвы и фактические метеорологические характеристики с использованием региональных математических зависимостей.

Целью работы являлось решение задач оптимального управления процессами орошения посевов сельскохозяйственных культур для условий современного точного земледелия, дополняемого моделью оптических из-

мерений, осуществляемой системой ДЗЗ с помощью беспилотного летательного аппарата.

Авторы приводят подробный алгоритм расчета искомых показателей на основе математических моделей. Так, используются модели состояния посевов как для полива, так и для полива + подкормки, дополняемые формулами оптических измерений (ДЗЗ) с формулированием приоритетных целей производства, выражаемых математическими критериями для обоих вариантов. Затем определяются начальные условия в текущий момент и составляется прогноз по состоянию рассматриваемых посевов. Для формирования оптимальных доз азотных подкормок и норм полива определяются начальные условия в сравнении с прогнозируемыми с помощью специального алгоритма оценки нелинейной фильтрации, которая представляет модели в векторно-матричной форме. Далее, используя принцип максимума Понтрягина, задают гамильтон системы, включающей критерий оптимальности управления моделью процесса, и уточняют параметры текущего момента. Анализ результатов исследований показывает, что предлагаемый подход способен решать локальные задачи орошаемого земледелия, однако при его использовании не только применяют данные ДЗЗ, но и отбирают пробы почвы и растений в течение всей вегетации, что необходимо делать каждые 3–5 дней при достаточно высоком уровне ошибок, достигающем до 10 %.

В статье Е. В. Мелиховой, В. В. Бородычева, А. Ф. Рогачева [3] дан функционально-морфологический и системный анализ в области комбинированного орошения с применением методов математического моделирования. Приведены данные функций, выполняемых на оросительных системах в зависимости от типа орошения, в т. ч. и комбинированного. Это позволило структурировать основные варианты их исполнения по их эффективности для производства сельскохозяйственной продукции. Каждая функция была разделена на соответствующие подфункции, а для каждого вида орошения были выделены характерные признаки, например, для ка-

пельного характерны следующие виды водозаборов: поверхностный, глубокий, открытый, закрытый и комбинированный.

На основании всех рассмотренных характеристик авторы обосновывают наиболее удачный тип орошения для широкого ряда сельскохозяйственных культур и в масштабах всей оросительной системы вместе с выявлением наиболее удачных конструктивных решений по их совершенствованию, а также возможные пути их модернизации через конструктивно-технологические решения. Авторы отмечают, что для создаваемой в настоящий момент оросительной техники необходимо своевременное и аргументированное совершенствование ресурсосберегающих технологий. В работе также спрогнозировано широкое внедрение цифровых и электронных технологий, принципам которых отвечает ДЗЗ, прецизионное орошение и точное земледелие, в мелиоративную науку и практику в ближайшем будущем. Сформулированы основные тезисы современных оросительных сельскохозяйственных мелиораций: повышение устойчивости растений к болезням на фоне увеличения их урожая, ресурсосбережение, сохранение урожайности даже при аномальных гидрометеорологических условиях, широкое внедрение высокотехнологичных систем автоматизации эксплуатации, учет конкретных физиологических процессов культурных растений в формировании величины водопотребления, уменьшение температурного стресса, создание равномерного и оптимального водного и теплового режима, снижение плотности почвы, снижение расходов поливной воды на фоне увеличения эффективности применения минеральных удобрений.

Так, проведенный структурно-морфологический анализ позволил обосновать основные направления совершенствования технологии орошения, которые можно использовать в условиях современных требований к сельскому хозяйству.

В работе А. Д. Думнова и др. [4] сделан существенный анализ водо-

пользования на Крымском полуострове, основные тезисы которого определяют развитие орошения как одного из его важных элементов. Так, ретроспективный анализ показал, что начиная с 1991 г. отмечено значительное снижение водозабора (до 50 %), который составил 1,7 млрд м³ к 2005 г., а к 2016 г. установлено еще более существенное падение – до 0,36 млрд м³, или более чем на 75 %. Стоит отметить структуру водозабора, в 1990 г. он составлял 95 и 5 % на Республику Крым и г. Севастополь соответственно от общего показателя, в 2016 г. – 74 и 26 %, что говорит о значительном сокращении водопользования первоначально в Республике Крым. Также в последнее время значительно увеличилось изъятие подземных и морских вод относительно поверхностного стока: соответственно 34 и 18 м³ против 48 м³ в 2016 г. в среднем на 100 м³ воды, изымаемой водопользователями. На этом фоне весьма актуальным является использование сточных и коллекторно-дренажных вод, отсутствующее на рассматриваемой территории.

Отметим, что начиная с 1990 г. водопользование на орошение снизилось с 78,4 до 3,3 %. С 2016 г. на полуострове более не возделывается рис, снизилось производство овощей, что ставит новые задачи по продуктовой безопасности региона. Общая площадь орошаемых земель критически снизилась с 400 до 13 тыс. га. Так, авторы отмечают необходимые шаги в управлении водопользованием: охрану водных ресурсов; внедрение принципов эффективного природопользования; создание общей геоинформационной системы данных о водном фонде, водных ресурсах и средствах его регулирования, структуре земельных угодий и мелиорированных землях; развитие водосберегающих технологий.

Весь Крымский полуостров критически заинтересован во внедрении новых, экологически сбалансированных технологий орошения, что делает развитие прецизионного орошения не только перспективным, но и необходимым инструментом для комплексного решения проблем рассматриваемой территории.

В статье И. М. Михайленко и В. Н. Тимошина [5] особое внимание уделяется возможностям точного земледелия и прецизионного орошения. Так, выделяют следующие: прогнозирование всех критериев, рассматриваемых в звене «атмосфера – посев – почвенная среда»; аргументированное управление процессом посева культурных растений; проектирование элементов агроландшафтов; ведение наукоемкого и обоснованного производства.

Новые технологии ДЗЗ позволяют эффективно использовать процессы моделирования, связи их с новыми, ранее не рассматриваемыми характеристиками среды: почвенной и растительной. Приведенная авторами пространственная математическая модель, учитывающая биомассу растений, климатические и почвенные характеристики, отличается от аналогов строгой формой, а также возможностью учитывать пространственные изменения исследуемых факторов с использованием современных средств ДЗЗ. В модели авторов вместо вектора параметров состояния с исследуемыми показателями используется вектор двумерных изображений параметров состояния биомассы, что позволяет делать общий анализ эффективности технологии возделывания. Однако существуют и недостатки, например, отсутствие учета сложного рельефа возделываемого агроландшафта, который приводит к возникновению пространственной неоднородности освещения, воздействия температуры и эффективности осадков.

В работе отмечено, что в последнее время точное земледелие разделено на два уровня: онлайн и офлайн. В первом случае используется принцип обратной связи, и для его применения необходима система датчиков состояния посева. Офлайн-способ состоит из анализа карт урожая и параметров плодородия почвы, на основе которых формируется технологическая эксплуатация. На сегодняшний день системы точного земледелия разграничивают эти два подхода, однако такое положение дел малоэффективно, а их соединение в единую геосистему является весьма актуальным и перспективным, позволит решить задачи оптимального управления техно-

логией возделывания сельскохозяйственных культур на основе многокритериального анализа по данным ДЗЗ.

В. П. Якушев, В. В. Якушев и Д. А. Матвеев [6] в своей статье дают анализ положительных эффектов, которые будут достигнуты при использовании технологии точного земледелия: общее снижение затрат на единицу товаров сельскохозяйственного производства, качественное и эффективное выполнение агроприемов, четкое соблюдение запланированных сроков реализации технологии, повышение экологической безопасности, устойчивое развитие земель.

Авторы определяют элементы точного земледелия: установление границ поля; ДЗЗ; картирование местности по электропроводности, урожайности и др.; дифференцированная обработка почв; дифференцированное внесение удобрений и пестицидов; нормирование поливных норм; мониторинг посевов (урожайность, фитосанитарное состояние и др.). В статье уделено особое внимание тому факту, что технологию точного земледелия необходимо рассматривать как перспективу решения большинства проблем, возникающих при возделывании сельскохозяйственных культур. Точное земледелие – чрезвычайно эффективный, но вместе с тем и весьма сложный инструмент, который должен базироваться на применении информационных ресурсов или автоматизированных информационно-управляющих систем.

И. М. Михайленко [7] отмечает, что в настоящее время для целей точного земледелия и прецизионного орошения все чаще используются беспилотные летательные аппараты. Так, подобная техника отличается тем, что полученные снимки являются геопривязанными и их необходимо использовать для общего ортофотоплана. Беспилотные летательные аппараты можно использовать как для онлайн-режима, так и для офлайн, делая их применение весьма актуальным и востребованным. На сегодняшний день эти аппараты чаще используют для мониторинга состояния посевов,

дополняя спутниковые мониторинговые системы. Такой подход основывается прежде всего на объективных требованиях к высокой точности получаемых и скорости обрабатываемых данных.

Так, с их помощью можно определять виды и сорта возделываемых культур, зоны распространения болезней и вредителей, выделять и оценивать спелость товарной части культурных растений, оценивать влажность и влагозапасы почвы, химические и водно-физические свойства почвы, а также составлять прогноз по полученным данным и давать комплексную оценку состоянию возделываемого поля.

Авторы особо уделяют внимание тому, что без развития фундаментальных наук в области определения спектра и создания соответствующего оборудования (гиперспектрометры, мультиспектрометры и др.) невозможно полноценное применение беспилотных летательных аппаратов для конкретного управления технологическими процессами и получения экономического эффекта.

В работе И. М. Михайленко и И. Н. Воронкова [8] рассмотрены научно-методические и алгоритмические основы оценки продуктивности сельскохозяйственных культур при поддержке управленческих решений об использовании технологии точного земледелия и прецизионного орошения. Представлены информационно-алгоритмические схемы оценки состояния почвенного покрова и посевов, позволяющие определить иерархию в установлении количества спектральных каналов по исследуемым характеристикам: орошение, удобрения и пестициды.

В текущих условиях развития растениеводства последующее увеличение уровня производства сельскохозяйственных культур не может проходить интенсивно без проведения комплекса мероприятий по повышению эффективности использования природных ресурсов и реализации интенсивно-адаптивных технологий возделывания полевых культур. Одним из путей осуществления определенной задачи является широкое внедрение достиже-

ний научно-технического прогресса, совершенствование форм управления процессами производства, разработка и использование в орошаемом земледелии адаптируемой к изменяющимся почвенно-климатическим, гидрологическим и организационно-хозяйственным условиям агроландшафта новой технологии возделывания сельскохозяйственных культур, соблюдающей основные принципы и понятия «сбалансированных» с точки зрения экологии агроландшафтов.

При всех положительных технических характеристиках орошения необходимо также отметить основной недостаток – невозможность поддерживать равномерную влажность почвы по каждому сегменту орошаемого поля из-за микрорельефа поверхности почвы, условий обработки почвы, состояния и вида возделываемых сельскохозяйственных культур, влияния скорости ветра и других причин, что еще больше усугубляется при последующих поливах. Так, разница во влажности почвы будет непрерывно возрастать, что негативно сказывается на условиях роста и развития растений, а разница в величине урожайности по полю изменяется до 30 %.

Концепция прецизионного земледелия при реализации приемов орошения обязывает принимать во внимание эти локальные почвенно-климатические, гидрологические и организационно-хозяйственные условия, учитывать их неоднородности и особенности. Следуя этим тезисам, рекомендуется применять дифференциацию поливной нормы в условиях орошаемого поля по его сегментам. В результате можно будет ожидать снижение оросительных норм при общем увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, что говорит о рациональном использовании водных, энергетических и других видов ресурсов вместе со снижением интенсивности процессов деградации почв.

Зарубежные ученые и практики в этой области оперируют термином «орошение с переменной скоростью» (Variable Rate of Irrigation (VRI)), от-

мечая, что оно может эффективно решать проблему неоднородностей полей и потенциально экономить ресурсы и повышать урожайность [9].

Отмечают, что управление водными ресурсами становится все более серьезной проблемой в сельском хозяйстве, будь то переувлажнение или дефицит воды. Это подчеркивается недавними событиями, такими как засуха 2015 г. в Калифорнии, наводнение в Южном Техасе и истощение водоносных горизонтов Огаллалы. Поиск инструментов и методов для лучшего управления водой имеет решающее значение для будущего успеха сельского хозяйства, и не только в США, но и во всем мире.

Прецизионные технологии находят свое отражение во многих аспектах сельского хозяйства. В настоящее время было принято несколько ключевых решений, которые сделали эту технологию практичной в орошении. На этом фоне серьезно выделяют капельное орошение [10].

Капельное орошение технологически способно к точному орошению или орошению с переменной скоростью (VRI) с помощью насосов и клапанов, которые можно вручную или автоматически контролировать, вплоть до уровня отдельного сегмента возделываемого поля. Этот уровень контроля может значительно повысить эффективность ирригации и обеспечить существенную экономию воды.

В дополнение к экономии воды капельное орошение имеет много других преимуществ. Среди них – способность повышения урожайности и внесения удобрений с оросительной водой. Это позволяет питательным веществам проникать в растение непосредственно, использоваться более эффективно. Это также помогает предотвратить потерю питательных веществ путем улетучивания и выщелачивания, позволяя эффективно использовать материально-хозяйственные ресурсы [11].

В то время как капельное орошение предлагает множество преимуществ, оно может быть дорогостоящим при установке и обслуживании, поэтому инвестиции должны быть обоснованы. В районах страны, где

фермеры полагаются на выделение воды и платят за воду на гектар, например, в большинстве западных штатов США, экономия средств может легко перевесить первоначальные инвестиции. В других районах страны с кажущимися обширными поверхностными и подземными ресурсами выгоды для производителя могут быть менее ощутимы в краткосрочной перспективе [12].

Так, известны системы капельного прецизионного орошения, позволяющие эффективно и точно определять и контролировать динамику поливных и оросительной норм. В то же время ежедневная водопотребность определялась на более конкретном уровне. Полученные данные были организованы алгоритмом в программу PLC.

Данные датчиков, установленных на 16 участках, были сопоставлены с параметрами, полученными из фактической таблицы влажности рабочего состояния системы. В то время как ранее работа системы заключалась в основном в открытии и закрытии клапанов, в данном случае операции открытия и закрытия являлись контролируруемыми и выполнялись в соответствии с сезонной потребностью в воде [13].

В настоящее время одним из направлений развития точного земледелия и прецизионного орошения является использование беспилотных летательных аппаратов – дронов, или мини-авиации, совместно с наземными датчиками учета влажности почвы и (или) растений, вместе с прецизионным картированием местности и автоматизацией ирригационных систем. Дроны также могут поддерживать различные функции точного земледелия, например применение удобрений, мониторинг сорной растительности, болезней и вредителей [7].

Для исследования влажности почвенных покровов используются многочисленные космические оптические и ИК-системы низкого (AVHRR ИСЗ NOAA, MODIS EOS/Terra и др.) и среднего разрешения (ASTER и TM/ETM) [14]. В видимом и ближнем инфракрасном диапазонах с увели-

чением влажности почв до определенного предела наблюдается снижение спектральной яркости, но при достижении определенного порога зависимость меняется на обратную.

Количественное описание этой нелинейной связи очень сложно, так как она зависит от многих факторов, например, фазового состояния влаги, гранулометрического состава почвы, состава почвообразующих пород. Для каждого генетического типа почв можно получить свои уравнения для оценки влажности при определенных названных условиях [15].

Компания Agri 2,0 предлагает фермерам, практикующим полив, почвенные карты, которые будут очень полезны при определении мест наибольшей и наименьшей влагоемкости, что даст представление о различных типах почв на поле и их различной способности удерживать влагу. Карты используются для того, чтобы определить правильное место для установки сенсора влажности почвы. Зная, где именно установлен сенсор влажности: в почвах с высокой ЕС (высокая способность удерживать влагу) или низкой ЕС, можно лучше корректировать нормы и сроки полива. Оптимальным является выбор наиболее часто встречающегося на поле контура ЕС и установка сенсора влажности в этот контур [16].

Следующий шаг в орошении – это дифференцированное орошение. С современной или модернизированной поливальной машиной можно регулировать количество выливаемой воды по секторам. Картой для такого полива также служит карта ЕС. Благодаря данной технологии удастся экономить воду, но, что более важно, удастся получать оптимальный урожай, исходя из способности различных участков удерживать влагу.

Применение прецизионных (точных) технологий орошения – это стратегическое будущее конкурентоспособного орошаемого сектора сельского хозяйства России. Дождевальные машины для этих технологий должны обеспечивать точное управление производственными процессами орошения сельскохозяйственных культур. Как правило, они должны реа-

лизовать самоконтроль качества выполняемых технологических операций в увязке с изменяющимися природно-климатическими условиями [17–24].

С учетом индивидуальных особенностей растений на разных почвах и в разных климатических условиях совершенно ясно, что никаких абсолютно точных показателей для определения влажности почвы получить нельзя. Поэтому нами предлагается метод, который позволит устанавливать, испытывают ли растения стресс от недостатка влажности или нет, на каждом сегменте поля [25–28].

Данный метод позволяет отличать политые участки зеленой растительности от неполитых и по вегетационным показателям определять, испытывают ли растения стресс от недостатка влажности или нет в условиях одного поля (влажность почвы 80 %).

Сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» в результате проведенных исследований было разработано техническое предложение для проектирования и изготовления комплекса технико-технологических средств (решений) дождевальной техники для прецизионного орошения: дождевальной техники и адаптированного программного обеспечения для прецизионного орошения, конструкторская документация на приборы и оборудование, сопряженные с системой управления современной дождевальной техникой, работающей в режиме онлайн: компактную и экономически обоснованную гиперспектральную камеру, оптимизированную под работу в составе дождевальной техники, а также программное обеспечение для управления дождевателями с электромагнитными клапанами, включающего систему команд для управления клапанами и интерфейсную надстройку, систему задания параметров и систему обработки гиперспектральной информации [29–31]. Схема установки камеры на дождевальную машину представлена на рисунке 1. Вид сверху на дождевальную машину представлен на рисунке 2.

1 – подвижная опора, включает в себя системы передвижения, подачи воды в трубопровод (8), управления электромагнитными клапанами (3), интегрируемые с получаемой информацией с гиперспектральных камер (5); 2 – центральная опора; 3 – электромагнитные клапаны с дождевателями; 4 – натяжные тросы; 5 – гиперспектральные камеры; 6 – междупролетные опоры; 7 – крепления междупролетных опор; 8 – трубопровод; 9 – область ДЗЗ, формируемая гиперспектральными камерами (5); 10 – водозабор

Рисунок 1 – Схема основных узлов и агрегатов экспериментального образца дождевальной машины (общий вид)

1 – подвижная опора, включающая системы передвижения, подачи воды в трубопровод (3), управления электромагнитными клапанами (4), интегрируемые с получаемой информацией с гиперспектральных камер (2), и центральную опору с натяжными тросами; 2 – гиперспектральные камеры; 3 – трубопровод и междупролетные опоры; 4 – электромагнитные клапаны с дождевателями; 5 – радиус полива дождевателей; 6 – ороситель (водозабор); 7 – область ДЗЗ, формируемая гиперспектральными камерами (2)

Рисунок 2 – Схема основных узлов и агрегатов экспериментального образца дождевальной машины (вид сверху)

Выводы. Предложенный сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» комплекс технико-технологических средств (решений) дождевальной техники для прецизионного орошения можно использовать в составе дождевальных

машин. Полученные данные дистанционного зондирования, объектом которого является влажность растений по сегментам поля, и данные о позиционировании дождевальной машины на поле позволяют процессору, установленному на машине, обработать данные и осуществлять технологию прецизионного орошения, когда на каждый сегмент поля подается дозированный объем воды с расчетом выравнивания влажности почвы на всем поле при каждом поливе. Представленный метод позволяет в режиме онлайн производить расчет вегетационных индексов, таких как NDVI и индекс влажности WBI.

Список использованных источников

- 1 Автоматизация принятия решений при орошении / В. П. Якушев, Л. В. Козырева, Ю. Р. Ситдикова, А. В. Доброхотов, А. Е. Ефимов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 5. – С. 8–10.
- 2 Михайленко, И. М. Оптимальное управление орошением посевов сельскохозяйственных культур / И. М. Михайленко, В. Н. Тимошин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 6. – С. 34–38.
- 3 Мелихова, Е. В. Функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения / Е. В. Мелихова, В. В. Бородин, А. Ф. Рогачев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 30–36.
- 4 Думнов, А. Д. Тенденции и некоторые перспективы развития водопользования в Крыму / А. Д. Думнов, Л. И. Хурожий, А. Е. Харитонов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 24–29.
- 5 Михайленко, И. М. Математическое моделирование и управление состоянием посевов по данным дистанционного зондирования / И. М. Михайленко, В. Н. Тимошина // Агрофизика. – 2016. – № 2. – С. 45–53.
- 6 Якушев, В. П. Роль и задачи точного земледелия в реализации национальной технологической инициативы / В. П. Якушев, В. В. Якушев, Д. А. Матвеев // Агрофизика. – 2017. – № 1. – С. 51–65.
- 7 Михайленко, И. М. Беспилотная авиация в сельском хозяйстве / И. М. Михайленко // Агрофизика. – 2015. – № 2. – С. 16–24.
- 8 Михайленко, И. М. Научно-методические и алгоритмические основы оценивания показателей продуктивности и фитосанитарного состояния посевов по данным дистанционного зондирования Земли / И. М. Михайленко, И. Н. Воронкова // Агрофизика. – 2016. – № 1. – С. 32–42.
- 9 Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection / A. K. Mahlein, E. C. Oerke, U. Steiner, H. W. Dehne // Eur. J. Plant. Pathol. – 2012. – Vol. 133. – P. 197–209. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9878-z>.
- 10 Johnson, L. F. Temporal stability of an NDVI-LAI relationship in a Napa Valley vineyard / L. F. Johnson // Australian Journal of Grape and Wine Research. – 2003. – Vol. 9. – P. 96–101. – DOI: [10.1111/j.1755-0238.2003.tb00258.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2003.tb00258.x).
- 11 Harwin, S. Assessing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery / S. Harwin, A. Lucier // Remote Sensing. – 2012. – Vol. 4. – P. 1573–1599. – DOI: [10.3390/rs4061573](https://doi.org/10.3390/rs4061573).

12 Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning / J. R. Rosell, J. L. Calveras, R. Sanz, J. Arnó, M. Ribes-Dasi, J. Masip, A. Escolà, F. Camp, F. Solanelles, F. Gràcia, E. Gil, L. Val, S. P. Martí, J. Palacín // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2009. – Vol. 149. – P. 1505–1515. – DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.04.008.

13 Turner, D. Development of an unmanned aerial vehicle (UAV) for hyper resolution mapping based visible, multispectral, and thermal imagery [Electronic resource] / D. Turner, A. Lucieer, C. Watson // *Proceedings of 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. – 2011, Jan. – Mode of access: <http://studylib.net/doc/11840855/development-of-an-unmanned-aerial-vehicle--uav--for-hyper>, 2020.

14 Определение проявлений переувлажнения почв при радиолокационно-радиотепловом авиационном мониторинге / В. К. Иванов, А. Я. Матвеев, В. Н. Цымбал, С. Е. Яцевич // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2012. – Т. 9, № 4. – С. 235–242.

15 Fox, G. A. Soil Property Analysis using Principal Components Analysis, Soil Line, and Regression Models / G. A. Fox, R. Metla // *Soil Science Society of America Journal*. – 2005. – Vol. 69. – P. 1782–1788. – DOI: 10.2136/sssaj2004.0362.

16 Зачем нужны карты Veris? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agri2.ru/product/skanirovanie-pochvy-veris/zachem-nuzhny-karty-veris/>, 2019.

17 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.

18 Цифровой мониторинг показателей агрофитоценозов на основе беспилотных технологий / О. А. Оленин, С. Н. Зудилин, С. Н. Шевченко, Ю. В. Осоргин, А. С. Чернов // *Плодородие*. – 2019. – № 5. – С. 56–59.

19 Пат. 2631896 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Чураев А. А., Снопич Ю. Ф., Куприянов А. А., Завалюев В. Э.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2016104019; заявл. 08.02.16; опубл. 28.09.17, Бюл. № 28. – 9 с.: ил.

20 Фронтальная дождевальная машина с автономным энергообеспечением и непрерывным процессом полива / В. Н. Щедрин, А. А. Чураев, Ю. Ф. Снопич, М. В. Вайнберг // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. – 2019. – № 1(73). – С. 46–51.

21 Чураев, А. А. К разработке базового модуля новой широкозахватной дождевальной машины вантовой конструкции / А. А. Чураев, Л. В. Юченко // *Современное научное знание: теория, методология, практика: сб. науч. ст. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф., г. Смоленск, 31 янв. 2018 г.* – Смоленск: Новаленсо, 2018. – Ч. 1. – С. 156–160.

22 Чураев, А. А. Сравнительные характеристики новой широкозахватной дождевальной машины вантовой конструкции / А. А. Чураев // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2018. – № 4. – С. 26–30.

23 Щедрин, В. Н. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агрометеопараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. А. Чураев // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. – 2016. – № 3(23). – С. 1–18. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1094>.

24 Балакай, Г. Т. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения / Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, А. Н. Бабищев // *Научный*

журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2(26). – С. 1–18. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=476&id=477>.

25 Корсак, В. В. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия / В. В. Корсак, Н. А. Пронько, Н. Н. Насыров // Научная жизнь. – 2014. – № 2. – С. 18–24.

26 Балакай, Г. Т. Актуальные вопросы совершенствования техники и технологии прецизионного орошения дождеванием / Г. Т. Балакай, В. В. Пляко // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию окончания Сталингр. битвы, г. Волгоград, 31 янв. – 2 февр. 2018 г. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. – Т. 4. – С. 56–61.

27 Бабичев, А. Н. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 83–96. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=498>.

28 Бабичев, А. Н. Технологические подходы к нормированию орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях поймы Нижнего Дона / А. Н. Бабичев, В. И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 148–165. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1086>.

29 Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипов, В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, С. М. Васильев, В. А. Бланк // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 877–884. – DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.

30 Система управления широкозахватной машиной кругового действия для прецизионного орошения / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Р. В. Скиданов, В. В. Подлипов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 195–199.

31 Ольгаренко, В. Иг. Принципы применения элементов технологии точного земледелия и прецизионного орошения в сельскохозяйственном производстве / В. Иг. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2-2(11). – С. 23–26.

References

1 Yakushev V.P., Kozyreva L.V., Sitdikova Yu.R., Dobrokhotov A.V., Efimov A.E., 2015. *Avtomatizatsiya prinyatiya resheniy pri oroshenii* [Automation of decision making during irrigation]. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bull. of Russian Agricultural Science], no. 5, pp. 8-10. (In Russian).

2 Mikhailenko I.M., Timoshin V.N., 2016. *Optimal'noe upravlenie orosheniem posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Optimal irrigation control of agricultural crops]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 34-38. (In Russian).

3 Melikhova E.V., Borodychev V.V., Rogachev A.F., 2018. *Funktsional'nomo-rfologicheskiy analiz i sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv kombinirovannogo orosheniya* [Functional-morphological analysis and improvement of technical means of combined irrigation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 4, pp. 30-36. (In Russian).

4 Dumnov A.D., Khurozhiy L.I., Kharitonova A.E., 2018. *Tendentsii i nekotorye perspektivy razvitiya vodopol'zovaniya v Krymu* [Trends and some prospects of water use in the Crimea]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 3, pp. 24-29. (In Russian).

5 Mikhailenko I.M., Timoshina V.N., 2016. *Matematicheskoe modelirovanie i upravlenie sostoyaniem posevov po dannym distantsionnogo zondirovaniya* [Mathematical modeling and control of crop state based on remote sensing data]. *Agrofizika* [Agrophysics], no. 2, pp. 45-53. (In Russian).

6 Yakushev V.P., Yakushev V.V., Matveenkov D.A., 2017. *Rol' i zadachi tochnogo zemledeliya v realizatsii natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy* [Role and tasks of precision farming in the implementation of the national technology initiative]. *Agrofizika* [Agrophysics], no. 1, pp. 51-65. (In Russian).

7 Mikhailenko I.M., 2015. *Bespilotnaya aviatsiya v sel'skom khozyaystve* [Unmanned aircraft in agriculture]. *Agrofizika* [Agrophysics], no. 2, pp. 16-24. (In Russian).

8 Mikhailenko I.M., Voronkova I.N., 2016. *Nauchno-metodicheskie i algoritmicheskie osnovy otsenivaniya pokazateley produktivnosti i fitosanitarnogo sostoyaniya posevov po dannym distantsionnogo zondirovaniya Zemli* [Scientific, methodical and algorithmic basics for estimating productivity indicators and phytosanitary state of crops using remote sensing data]. *Agrofizika* [Agrophysics], no. 1, pp. 32-42. (In Russian).

9 Mahlein A.K., Oerke E.C., Steiner U., Dehne H.W., 2012. Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. *Eur. J. Plant. Pathol.*, vol. 133, pp. 197-209, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9878-z>.

10 Johnson L.F., 2003. Temporal stability of an NDVI-LAI relationship in a Napa Valley vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 9, pp. 96-101, DOI: 10.1111/j.1755-0238.2003.tb00258.x.

11 Harwin S., Lucieer A., 2012. Assessing the Accuracy of Georeferenced Point Clouds Produced via Multi-View Stereopsis from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery. *Remote Sensing*, vol. 4, pp. 1573-1599, DOI: 10.3390/rs4061573.

12 Rosell J.R., Calveras J.L., Sanz R., Arnó J., Ribes-Dasi M., Masip J., Escolà A., Camp F., Solanelles F., Gràcia F., Gil E., Val L., Martí S.P., Palacín J., 2009. Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 149, pp. 1505-1515, DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.04.008.

13 Turner D., Lucieer A., Watson C., 2011. Development of an unmanned aerial vehicle (UAV) for hyper resolution mapping based visible, multispectral, and thermal imagery. *Proc. of 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Jan., available: <http://studylib.net/doc/11840855/development-of-an-unmanned-aerial-vehicle--uav--for-hyper> [accessed 2020].

14 Ivanov V.K., Matveev A.Ya., Tsymbal V.N., Yatsevich S.E., 2012. *Opreделение proyavleniy pereuvlazhneniya pochvy pri radiolokatsionno-radioteplovom aviatsionnom monitoringe* [Airborne radar-thermal infrared diagnosing of waterlogged soils]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space], vol. 9, no. 4, pp. 235-242. (In Russian).

15 Fox G.A., Metla R., 2005. Soil Property Analysis using Principal Components Analysis, Soil Line, and Regression Models. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 69, pp. 1782-1788, DOI: 10.2136/sssaj2004.0362.

16 *Zachem nuzhny karty Veris* [Why are Veris cards needed?], available: <http://agri2.ru/product/skanirovanie-pochvy-veris/zachem-nuzhny-karty-veris/> [accessed 2019]. (In Russian).

17 Vasiliev S.M., Mityaeva L.A., 2017. *Monitoring oroshaemogo agrolandshafta s uchetom kalibrovki dannykh distantsionnogo zondirovaniya v ramkakh geoinformatsionnykh tekhnologiy* [Irrigated agrolandscape monitoring taking into account remote sensing data calibration under geoinformation technologies]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], no. 131, pp. 216-231, available: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>. (In Russian).

18 Olenin O.A., Zudilin S.N., Shevchenko S.N., Osorgin Yu.V., Chernov A.S., 2019. *Tsifrovoy monitoring pokazateley agrofitotsenozov na osnove bespilotnykh tekhnologiy* [Digital monitoring of agro-ecosystems indicators on the basis of space and unmanned technologies]. *Plodorodie* [Fertility], no. 5, pp. 56-59. (In Russian).

19 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Churaev A.A., Snipich Yu.F., Kupriyanov A.A., Zavalyuev V.E., 2017. *Mnogoopornaya dozhdeval'naya mashina dlya pretsizionnogo orosheniya* [Multi-support Sprinkling Machine for Precision Irrigation], Patent RF, no. 2631896. (In Russian).

20 Shchedrin V.N., Churaev A.A., Snipich Yu.F., Vainberg M.V., 2019. *Frontal'naya dozhdeval'naya mashina s avtonomnym energoobespecheniyem i nepreryvnym protsessom poliva* [Lateral sprinkling machine with self-contained power supply and continuous irrigation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshаемого zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(73), pp. 46-51. (In Russian).

21 Churaev A.A., Yuchenko L.V., 2018. *K razrabotke bazovogo modulya novoy shirokozhvatnoy dozhdeval'noy mashiny vantovoy konstruktсии* [Towards the development of a basic module for a new wide-span cable-stayed sprinkling machine]. *Sovremennoe nauchnoe znanie: teoriya, metodologiya, praktika: sb. nauchnykh statey po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Scientific Knowledge: Theory, Methodology, Practice: Proc. of V International Scientific-Practical Conference]. Smolensk, Novalenso Publ., pt. 1, pp. 156-160. (In Russian).

22 Churaev A.A., 2018. *Sravnitel'nye kharakteristiki novoy shirokozhvatnoy dozhdeval'noy mashiny vantovoy konstruktсии* [Comparative characteristics of a new wide-grip sprinkler machine of cable-stayed construction]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 4, pp. 26-30. (In Russian).

23 Schedrin V.N., Vasiliev S.M., Churaev A.A., 2016. [Optimization of instrumentation structure of agrometeorological parameters control as a stage of precision irrigation process development]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(23), pp. 1-18, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1094>. (In Russian).

24 Balakai G.T., Vasiliev S.M., Babichev A.N., 2017. [The concept of a new generation sprinkler machine for precision irrigation technology]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(26), pp. 1-18, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=476&id=477>. (In Russian).

25 Korsak V.V., Pronko N.A., Nasyrov N.N., 2014. *Primenenie GIS-analiza dlya otsenki prirodnikh usloviy polivnogo zemledeliya* [Application of GIS analysis for assessing the natural conditions of irrigation agriculture]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], no. 2, pp. 18-24. (In Russian).

26 Balakai G.T., Plyako V.V., 2018. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhniki i tekhnologii pretsizionnogo orosheniya dozhdevaniem* [Actual issues of improving the technique and technology of precision irrigation by sprinkling]. *Mirovye nauchno-tekhnologicheskie tendentsii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya APK i sel'skikh territoriy: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 75-letiyu okonchaniya Stalingradskoy bitvy* [World scientific and technological trends of socio-economic development of agro-industrial complex and rural areas: International Scientific-Practical Conference devoted to the 75th anniversary of the end of Stalingrad Battle]. Volgograd, Volgograd State Agrarian University, vol. 4, pp. 56-61. (In Russian).

27 Babichev A.N., Balakai G.T., Monastyrsky V.A., 2017. [Irrigation regimes real time control in crop yield productivity programming]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(27), pp. 83-96, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=498>. (In Russian).

28 Babichev A.N., Ol'garenko V.I., 2016. [Technological approaches to irrigation regimes rationing and prediction apparatus of potatoes water consumption under the conditions

of the Lower Don floodplain]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(22), pp. 148-165, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1086>. (In Russian).

29 Podlipnov V.V., Shchedrin V.N., Babichev A.N., Vasiliev S.M., Blank V.A., 2018. *Eksperimental'noe opredelenie vlazhnosti pochvy po giperspektral'nym izobrazheniyam* [Experimental determination of soil moisture from hyperspectral images]. *Komp'yuternaya optika* [Computer Optics], vol. 42, no. 5, pp. 877-884, DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884. (In Russian).

30 Babichev A.N., Monastyrsky V.A., Ol'garenko V.Ig., Skidanov R.V., Podlipnov V.V., 2019. *Sistema upravleniya shirokozakhvatnoy mashinoy krugovogo deystviya dlya pretsizionnogo orosheniya* [The control system of a wide-cut center pivot irrigation machine for precision irrigation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(73), pp. 195-199. (In Russian).

31 Ol'garenko V.Ig., Babichev A.N., Monastyrsky V.A., 2018. *Printsipy primeneniya elementov tekhnologii tochnogo zemledeliya i pretsizionnogo orosheniya v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Principles of using elements of technology of precision farming and precision irrigation in agricultural production]. *Novosti nauki v APK* [Science News in Agricultural Sector], no. 2-2(11), pp. 23-26. (In Russian).

Васильев Сергей Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: первый заместитель директора

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Vasilyev Sergey Mikhaylovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor

Position: First Deputy Director

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Бабичев Александр Николаевич

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Babichev Aleksandr Nikolayevich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Монастырский Валерий Алексеевич

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniiipm@yandex.ru

Monastyrskiy Valeriy Alekseyevich

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniiipm@yandex.ru

Ольгаренко Владимир Игоревич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: olgarenko_vi@mail.ru

Olgarenko Vladimir Igorevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: olgarenko_vi@mail.ru

Поступила в редакцию 20.04.2020

После доработки 17.06.2020

Принята к публикации 30.06.2020