

УДК: 631.674.5:504.064.36

**СИСТЕМА «АНАЛИЗ – ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ – ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ»
В СОСТАВЕ ГИС УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ****SYSTEM «ANALYSIS – DATA VISUALIZATION – DECISION-MAKING»
CONSISTING OF IRRIGATION MANAGEMENT
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM****В.В. Бородычев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук****М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****V.V. Borodychev, M.N. Lytov***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» (Волгоградский филиал)**FSBSI «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation them. A. N.
Kostyakova»*

Исследования, результаты которых положены в основу настоящей публикации, посвящены концептуальному обоснованию сегментов интерактивного взаимодействия, полнофункциональных комплексов анализа и обработки данных, выработки управленческих решений в рамках модели геоинформационной системы управления орошением. Предмет исследований – геоинформационные системы и технологии в части организации прецизионного управления водным режимом почвы на основе мониторинга работы оросительной техники в режиме реального времени. Приводится концептуальное описание основных блоков рассматриваемой системы, включая функциональный модуль анализа данных, функциональный модуль визуализации данных и интерактивного взаимодействия, функциональный модуль выработки и принятия управленческих решений. Раскрыты внутренние связи рассматриваемой системы, показано, что функциональный модуль анализа данных в минимальной компетенции должен обеспечивать расчет карты полива, анализ технического состояния задействованных элементов ГМС, анализ режимов работы ГМС, решение оптимизационных задач. Концептуальной основой модуля визуализации данных является электронная карта. Результаты анализа данных представляют новые, продуцированные слои данных, которые отображаются вкпе с электронной основой в выбранных настройками сочетаниях. Блок визуализации данных обеспечивает интерактивное взаимодействие с оператором технической системы. Интерактивность подразумевает обратную связь, воздействие на вывод групп данных, активизацию различных модулей анализа, выбор управленческих решений. Методологической основой генерации управляющих решений является сопоставление количественных, либо качественных оценок критериев, реализованных в блоке анализа данных с фиксированными областями значений, соответствующих принятию того или иного решения.

Research, the results of which form the basis of this publication dedicated to conceptual study of the segments of the interactive experience, full of complexes, analyzing and processing data, making management decisions in the framework of the geographic information system irrigation management. The subject of research-geographic information systems and technologies in the organization of precision management of water regime of the soil based on monitoring of irrigation equipment in real time. The conceptual description of the main blocks of the considered system is given, including the functional module of data analysis, the functional module of data visualization and interactive interaction, the functional module of development and decision-making. The internal connections of the considered system are revealed, it is shown that the functional module of data analysis in the minimum competence should provide the calculation of the irrigation map, analysis of the technical condition of the involved elements of irrigation systems, analysis of the modes of operation of irrigation systems, solution of optimization problems. The conceptual basis of the data visualization module is the electronic map. The results of the data analysis present new, produced data layers, which are displayed together with the electronic basis in the selected settings combination. The data visualization unit provides interactive interaction with the operator of the technical system. Interactivity implies feedback, impact on the output of data groups, activation of various analysis modules, the choice of management decisions. The methodological basis for the generation of control decisions is the comparison of quantitative or qualitative assessments of the criteria implemented in the data analysis unit with fixed areas of values corresponding to the adoption of a decision.

Ключевые слова: орошение, управление, геоинформационная система, анализ данных, интерактивное взаимодействие.

Key words: irrigation, management, geoinformation system, data analysis, interactive interaction.

Введение. В мировой практике уже сегодня применяются технологии, использующие преимущества геопозиционного отслеживания и мониторинга различных параметров и режимов функционирования объекта управления для решения задач оптимального управления орошением [13, 9, 1, 2]. Следует признать, что, во-первых, это преимущественно зарубежные технологии, поставляемые с производимой оросительной техникой, а во-вторых, это, преимущественно, разомкнутые системы управления, в которых решения принимаются оператором, изменяющим установки регуляторов для получения требуемых характеристик. И если первое определяет современные реалии конкурентного преимущества зарубежных мелиоративных технологий, то второе оставляет нишу для опережающего развития отечественного высокотехнологического мелиоративного оборудования. Аналитический модуль, интерактивное взаимодействие с пользователем и возможность интеграции полнофункциональной системы поддержки принятия решения являются характерными особенностями современных геоинформационных систем, а использование этих преимуществ позволяет на новом уровне решать проблему оптимального управления орошением [11, 3, 10]. Современная постановка проблемы подразумевает принятие и реализацию управленческих решений в автоматизированном режиме с использованием интеллектуальных алгоритмов. При этом решение задачи оптимального управления орошением на основе современных геоинформационных технологий подразумевает формирование специализированного перечня сегментов интерактивного взаимодействия, а также полнофункциональных комплексов анализа и обработки данных, выработки и реализации управленческих решений.

Материалы и методы. Целью исследований является концептуальное обоснование системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением. В задачи исследований входит формирование специализированного перечня сегментов интерактивного взаимодействия геоинформационной системы управления орошением, а также концептуальное моделирование комплекса анализа и обработки данных, комплекса выработки управленческих решений.

Объект исследований – конструкции элементов гидромелиоративных систем нового поколения, обеспечивающих непрерывный оперативный контроль работы дождевальной техники с расширенным функционалом для реализации принципов координатного земледелия. Предмет исследований – геоинформационные системы и технологии в части организации прецизионного управления водным режимом почвы на основе мониторинга работы оросительной техники в режиме реального времени. Следует учитывать, что система «анализ – визуализация данных – принятие решений» рассматривается в составе концептуальной модели геоинформационной системы управления орошением. Однако общность исследуемых вопросов, сложность и высокая информационная емкость решаемых задач делает целесообразным рассмотрение системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» в рамках самостоятельной проблемы.

Методологической основой исследований являются основные положения теории объектно-ориентированных информационных систем и геоинформационных технологий, теории пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике, теории оптимального управления, основы теории систем и системного анализа, основные положения методики функционального анализа, теория и практика эксплуатации мелиоративных систем, включая оросительные системы нового поколения [9, 1, 5, 4, 6, 8].

Результаты и обсуждение. Общие алгоритмические решения в области взаимодействия основных функциональных блоков системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» для предложенной модели ГИС представлены на рисунке 1.

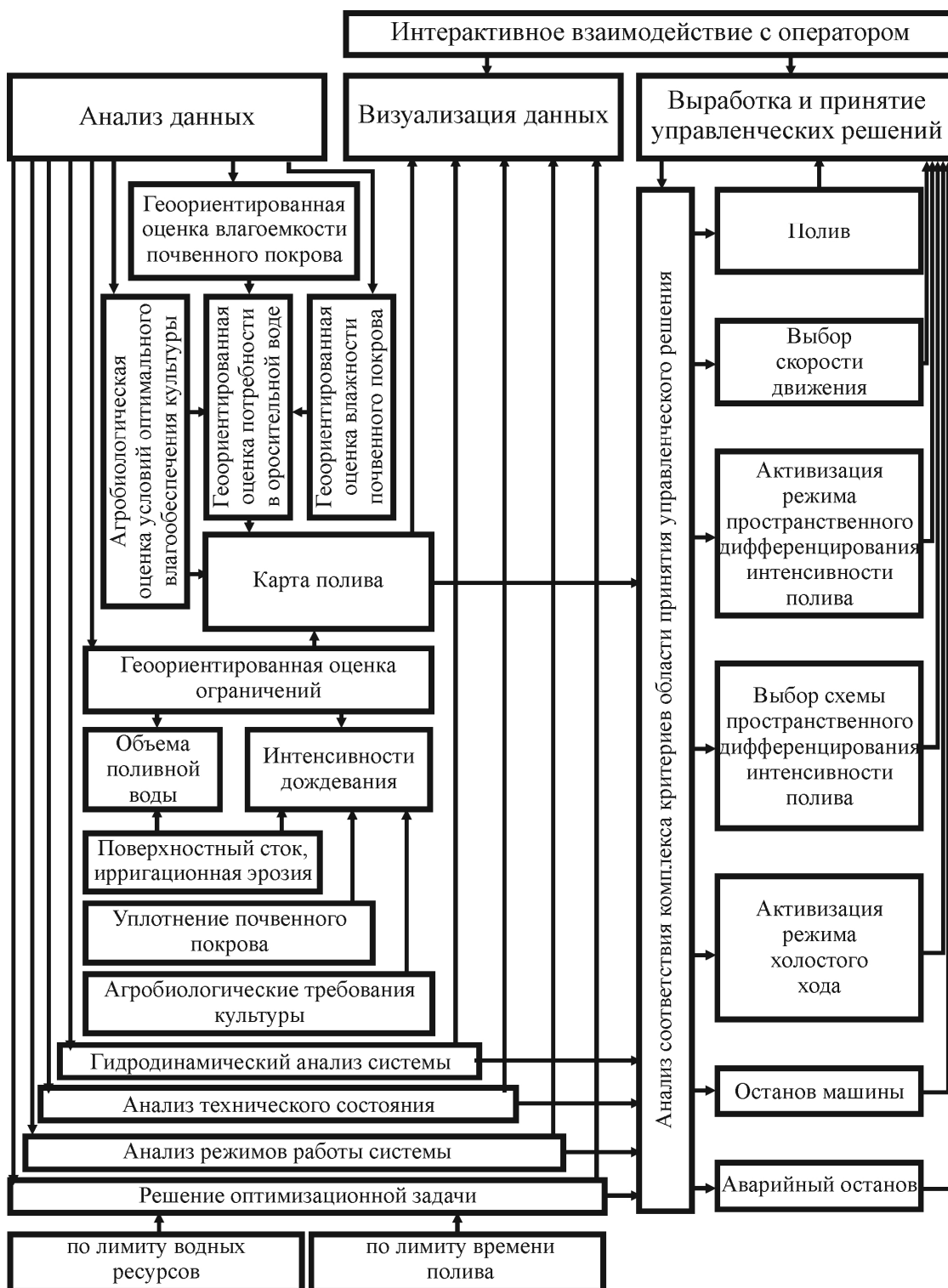


Рисунок 1 – Модель системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» на геоинформационной основе управления орошением

Основными блоками системы являются:

– блок анализа данных. Настоящий блок представлен целым комплексом количественных и качественных оценок, обеспечивающих выработку совокупности критериев и показателей, используемых в последующем для выработки управленческих решений либо для представления ясной картины выполнения технологического процесса оператору. В большинстве случаев указанные совокупности количественных или качественных оценок критерия используются в обоих направлениях;

– блок визуализации данных. Обеспечивает интерактивное взаимодействие с оператором. Интерактивность является отличительной чертой современных технологий в области визуализации данных. Возможность обратной связи позволяет визуализировать группы данных, наиболее критичных в плане мониторинга выполнения технологического процесса, выработки и принятия управленческих решений;

– блок выработки и принятия управленческих решений. Обеспечивает сопоставление количественных либо качественных оценок критериев, реализованных в блоке анализа данных с фиксированными областями значений, соответствующих принятию того или иного решения. Входит в состав системы интерактивного взаимодействия с оператором.

Концептуальная основа каждого из указанных блоков зависит от области применения геоинформационных технологий. Предложенная модель геоинформационной системы управления орошением предполагает следующие принципиальные решения по структуре блока анализа данных. Главным продуктом блока анализа данных на геоинформационной основе управления орошением является карта полива. В общем случае карта полива составляется на основе геоориентированной оценки потребности в оросительной воде и геоориентированной оценки ограничений преимущественно экологического характера. Учитывая перспективы развития технологий в области координатного орошения, оценка потребности в оросительной воде должна проводиться дифференцированно, с учетом пространственной вариации почвенных условий, содержания влаги, состояния растительного покрова и комплекса других немаловажных факторов.

Кроме основной функции – составления карты полива – модуль анализа данных геоинформационной системы управления орошением должен обеспечивать выполнение:

– гидродинамического анализа технической системы. Выполнение анализа по этому пункту подразумевает оценку гидравлических параметров непосредственно оросительной техники и ее технического окружения с учетом всех доступных (контролируемых ГИС) показателей. Анализ выполняется непрерывно с учетом поступающих в режиме реального времени мониторинговых данных. Отслеживание динамики всей совокупности показателей позволяет оценить соответствие реального исполнения технологического процесса номинальным параметрам задания;

– анализ технического состояния. Подразумевается техническое состояние систем, обеспечивающих подвод и распределение оросительной воды по орошаемому участку. Использование научно-обоснованных комплексов показателей и современных алгоритмов их сопоставления позволяет контролировать техническое состояние оросительной техники и водоподводящих систем в режиме реального времени [8-13]. При этом есть возможность количественной оценки ситуации, прогнозирования ее развития в динамике. Непосредственным результатом анализа технического состояния системы является и оценка его влияния на изменение номинальных режимов работы оросительной техники. Последнее необходимо для внесения необходимых корректирующих поправок при выполнении технологического процесса;

– анализ режимов работы системы. Кроме указанной выше количественной оценки изменения номинальных режимов работы оросительной техники необходимо отслеживать изменение режимов в результате вариации внешних (по отношению к системе в установленных геоинформационной системой границах) факторов. Примером таких факторов может быть изменение напора в участковом водозаборе закрытой оросительной системы из-за включения/отключения дождевальной техники на других участках (групповая работа дождевальных систем). Непосредственным результатом анализа текущих режимов работы системы является вывод о необходимости и исходные данные для выработки и принятия корректирующих поправок в выполнение технологического процесса;

– решение оптимизационной задачи. Решение оптимизационных задач является неотъемлемой частью современных алгоритмов управления орошением. Интегрирование этой функции в систему позволяет адаптировать ее к реальным условиям работы на производстве. Известной проблемой является поиск оптимальных решений при лимите водных ресурсов. Решение этой задачи включает комплекс наукоемких методов, основанных на многокритериальном моделировании развития ситуации и классических алгоритмах оптимального распределения ресурсов. Другой проблемой, часто не учитываемой в рамках современных моделей управления орошением, является решение оптимизационной задачи по лимиту времени полива. Оросительная техника, как правило, имеет вполне определенную проектную нагрузку. На практике условия, принятые в проектных расчетах, нередко нарушаются. Это приводит к тому, что при заданной производительности в срок завершить технологический процесс не представляется возможным. В таком случае необходимо выбирать наиболее выгодный выход из создавшейся ситуации: увеличить производительность оросительной техники по выливу, увеличить производительность оросительной техники по скорости движения, оставить часть территории неполивной либо выбрать комбинацию указанных действий. Решение оптимизационной задачи по лимиту времени на полив позволяет обосновать этот выбор.

Результаты анализа данных передаются в функциональный модуль визуализации данных и одновременно в модуль выработки и принятия управленческих решений. Основой модуля визуализации данных является электронная карта. Результаты анализа данных представляют новые, продуцированные слои данных, которые отображаются вкуче с электронной основой в выбранных настройками сочетаниях. Блок визуализации данных обеспечивает интерактивное взаимодействие с оператором технической системы. Интерактивность подразумевает обратную связь, воздействие на вывод групп данных, активизацию различных модулей анализа, выбор управленческих решений.

Одновременная передача результатов анализа в модуль выработки и принятия управленческих решений обеспечивает готовность функциональных систем в процессе интерактивного взаимодействия с оператором. Количественный и качественный анализ поступивших данных ведется на основе сравнения вычисленного комплекса критериев с областями значений критериев, соответствующих принятию того или иного управленческого решения. Минимальный набор управляющих действий современной, базирующейся на ГИС технологиях системы управления орошением должен предусматривать включение технологического процесса «полив», выбор скорости движения, активизацию режима пространственной дифференциации интенсивности полива, выбор схемы пространственного дифференцирования интенсивности полива, активизацию режима холостого хода, останов машины, аварийный останов.

Предложенная схема организации комплекса «анализ – визуализация данных – принятие решений» на геоинформационной основе управления орошением обеспечивает возможность полной автоматизации технологического процесса при исчерпывающем визуальном контроле оператора орошения.

Заключение. Совокупность компонентов «анализ-визуализация данных-принятие решений» ГИС управления орошением является обособленной логистически-процессуальной системой, реализуемой на стороне оператора орошения. Концептуальная модель этой системы основана на соответствии требованиям масштабируемости и предполагает аддитивное наращивание функциональных возможностей пропорционально росту физических возможностей вычислительного оборудования. Ограничения по информационно-вычислительным мощностям мобильного оборудования оператора орошения сегодня обуславливают необходимость формулирования минимального набора операций по каждому из блоков рассматриваемой системы. Функциональный модуль анализа данных в минимальной компетенции должен обеспечивать расчет карты полива, анализ технического состояния задействованных элементов ГМС, анализ режимов работы ГМС, решение оптимизационных задач. Функциональный модуль управления орошением в минимальной компетенции должен обеспечивать выработку управляющих решений по включению технологического процесса «полив», выбору скорости движения, активизации режима пространственной дифференциации интенсивности полива, выбору схемы пространственного дифференцирования интенсивности полива, активизации режима холостого хода, останову машины и аварийному останову.

Библиографический список

1. Бородычев, В.В. Аппаратное обеспечение мониторинга работы дождевальной техники на основе технологий глобального спутникового позиционирования [Текст]/ В.В. Бородычев, Е.Э. Головинов, М.Н. Лытов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2 (62). – С. 48-52.
2. Бородычев, В.В. Мониторинг и управление орошением в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Е.Э. Головинов. – М.: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2017. – 154 с.
3. Бородычев, В.В. Обобщенная модель автоматизированной информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №1 (45). – С. 161-170.
4. Бородычев, В.В. Геопозиционный синтез мониторинговых данных и возможности их использования в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1 (41). – С. 168-177.
5. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве [Текст] / Н.В. Бышов, Д.Н. Бышов, А.Н. Бачурин, Д.О. Олейник, Ю.В. Якунин. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013 – 169 с.
6. Гитис, В.Г. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике [Текст]/ В.Г. Гитис, Б.В. Ермаков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 256 с.
7. Курбанов, С.А. Подходы к организации информационно-технических комплексов мониторинга и управления орошением в режиме реального времени [Текст]/ С.А. Курбанов, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – №3 (31). – С. 131-136.
8. Марданов, М.Д. К теории особых оптимальных управлений в динамических системах с запаздыванием в управлении [Текст]/ М.Д. Марданов, Т.К. Меликов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2017. – Т. 57. – № 5. – С. 747-767.
9. Мельник, М.А. ГИС-технологии как эффективный инструмент для оценки негативных природно-климатических факторов, лимитирующих развитие аграрного природопользования [Текст]/ М.А. Мельник, Е.С. Волкова, Т.Ш. Фузелла // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 650-661.
10. Моделирование процесса управления водно-солевым режимом почв в условиях орошения [Текст]/ В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 26-33.

11. Применение ГИС-технологий для создания системы поддержки принятия решений [Текст]/ М.К. Мукушева, С.И. Спиридонов, М.Б. Тлебаев, С.А. Баранов, С.А. Березин, М.О. Садвакасов // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 2 (41). – С. 126-138.

12. Пронько, Н.А. Управление орошаемым земледелием на основе использования информационных технологий [Текст]/ Н.А. Пронько, В.В. Корсак // Научная жизнь. – 2012. – № 2. – С. 80.

13. Технический уровень отечественного и зарубежного оборудования, применяемого в мелиорации [Текст] : информационный сборник. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2011. – 215 с.

Reference

1. Borodychev, V.V. Apparathoe obespechenie monitoringa raboty dozhdeval'noj tehniky na osnove tehnologij global'nogo sputnikovogo pozicionirovaniya [Tekst]/ V. V. Borodychev, E. Je. Golovinov, M. N. Lytov // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. – 2016. – № 2 (62). – S. 48-52.

2. Borodychev, V.V. Monitoring i upravlenie orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V.V. Borodychev, M. N. Lytov, E. Je. Golovinov. – М.: Redakciya zhurnala «Mehanizaciya i jelektifikaciya sel'skogo hozyajstva», 2017. – 154 s.

3. Borodychev, V. V. Obobschennaya model' avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy monitoringa i upravleniya orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2017. – №1 (45). – S. 161-170.

4. Borodychev, V. V. Geopozicionnyj sintez monitoringovyh dannyh i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 1 (41). – S. 168-177.

5. Geoinformacionnye sistemy v sel'skom hozyajstve [Tekst] / N. V. Byshov, D. N. Byshov, A. N. Bachurin, D. O. Olejnik, Yu. V. Yakunin. – Ryazan': FGBOU VPO RGATU, 2013 – 169 s.

6. Gitis, V.G. Osnovy prostranstvenno-vremennogo prognozirovaniya v geoinformatike [Tekst]/ V. G. Gitis, B. V. Ermakov. – М.: FIZMATLIT, 2004. – 256 s.

7. Kurbanov, S.A. Podhody k organizacii informacionno-tehnicheskikh kompleksov monitoringa i upravleniya orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ S.A. Kurbanov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov // Problemy razvitiya APK regiona. – 2017. – №3 (31). – S. 131-136.

8. Mardanov, M. D. K teorii osobyh optimal'nyh upravlenij v dinamicheskikh sistemah s zapazyvaniem v upravlenii [Tekst]/ M. D. Mardanov, T. K. Melikov // Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskoy fiziki. - 2017. - T. 57. - № 5. - S. 747-767.

9. Mel'nik, M. A. GIS-tehnologii kak jeffektivnyj instrument dlya ocenki negativnyh prirodno-klimaticheskikh faktorov, limitiruyuschih razvitie agrarnogo prirodopol'zovaniya [Tekst]/ M.A. Mel'nik, E.S. Volkova, T.Sh. Fuzella // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 124. – S. 650-661.

10. Modelirovanie processa upravleniya vodno-solevym rezhimom pochv v usloviyah orosheniya [Tekst]/ V. V. Borodychev, Je. B. Dedova, M. A. Sazanov, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 2 (42). – S. 26-33.

11. Primenenie GIS-tehnologij dlya sozdaniya sistemy podderzhki prinyatiya reshenij [Tekst]/ M. K. Mukusheva, S. I. Spiridonov, M. B. Tlebaev, S. A. Baranov, S. A. Berezin, M. O. Sadvakasov // Gidrometeorologiya i jekologiya. – 2006. – № 2 (41). – S. 126-138.

12. Pron'ko, N. A. Upravlenie oroshaemym zemledeliem na osnove ispol'zovaniya informacionnyh tehnologij [Tekst]/ N. A. Pron'ko, V. V. Korsak // Nauchnaya zhizn'. – 2012. – № 2. – S. 80.

13. Tehnicheskij uroven' otechestvennogo i zarubezhnogo oborudovaniya, primenyaemogo v melioracii [Tekst] : informacionnyj sbornik. – М.: FGNU CNTI «Meliovodinform», 2011. – 215 с.