

4. Ivankova, T.V. Ensuring environmental safety of natural and technical systems of small river basins in the conditions of the Crimean Peninsula: monograph / T.V. Ivankova. – Moscow: INFRA-M, 2023. – 171 p. DOI 10.12737/1903315.
5. Ivankova, T.V. Ensuring environmental safety of construction sites in the basin of small rivers / T.V. Ivankova, L.N. Fesenko, M.A. Bandurin // Construction and technogenic safety. – 2022. – № 24 (76). - Pp. 115-125.
6. Pyankov, S.V. Geoinformation support for modeling hydrological processes and phenomena: monograph / S.V. Pyankov, A.N. Shikhov. – Perm:Perm. state National research. Univ., 2017. - 148 p.
7. Suzdaleva, A.L. Creation of controlled natural-technical systems / A.L. Suzdaleva. – Moscow: Energia, 2016. - 160 p.
8. Shcherbina, E.V. Ecological mapping in urban planning of natural and anthropogenic territorial complexes / E.V. Shcherbina, M.A. Slepnev // Ecology of urbanized territories. - 2016. - No. 2. - pp. 92-97.
9. Duncan, A.E. The effectiveness of water resources management in Pra Basin / A.E. Duncan, N. De Vries, K.B. Nyarko // Water Policy. – 2019. - Vol. 21. - Issue 4. Pp. 787– 805.

УДК 631.861:631.871

DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.71.47.064

## **ПРИНЦИПЫ И АЛГОРИТМ СОЗДАНИЯ ГИС-ВЕБ-СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ИНТЕГРАЛЬНОМУ УПРАВЛЕНИЮ МЕЛИОРАТИВНО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ**

**Исаева С.Д.**, доктор технических наук

**Дедова Э.Б.**, доктор сельскохозяйственных наук

**Матвеев А.В.**, кандидат технических наук

**Шабанов Р.М.**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** Разработаны принципы и алгоритм создания ГИС-веб-системы поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом на примере Сарпинской обводнительно-оросительной системы в Республике Калмыкия. Веб-система предназначена для совместного решения экологических, технических и эксплуатационных задач обеспечения устойчивого развития водопользования и сельского хозяйства на орошаемых землях, может использоваться в агрохолдингах, фермерских хозяйствах, региональных органах управления в качестве основы для выработки управленческих решений.*

***Ключевые слова:** мелиоративно-водохозяйственный комплекс, орошение земель, обводнение, геоинформационные технологии, веб-система*

## **PRINCIPLES AND ALGORITHM FOR CREATION OF A GIS-WEB SYSTEM TO SUPPORT DECISION MAKING FOR THE INTEGRAL MANAGEMENT OF THE LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT COMPLEX**

**Isaeva S.D.**, Doctor of Technical Sciences

**Dedova E.B.**, Doctor of Agricultural Sciences

**Matveev A.V.**, Candidate of Technical Sciences

**Shabanov R.M.**, Candidate of Agricultural Sciences

All-Russian Research Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russia

***Abstract.** The principles and algorithm for creating a GIS web-based decision support system for the integrated management of the reclamation and water management complex have been developed using the example of the Sarpinskaya irrigation system in the Republic of Kalmykia. The web-based system is designed to jointly solve environmental, technical and operational problems of ensuring sustainable development of water use and agriculture on irrigated lands. It can be used in agricultural holdings, farms, regional authorities as a basis for developing management decisions.*

***Key words:** land reclamation and water management complex, land irrigation, watering, geoinformation technologies, web system*

**Введение.** Рациональное использование водных и земельных ресурсов, эффективное ведение сельского хозяйства должно быть основано на комплексном процессе контроля и синхронного системного управления техническим состоянием ГТС, экологическим состоянием мелиорированных земель и состоянием водных объектов (водоисточников и водоприемников). Такой подход является основой интегрального управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом [1,2].

Принятие решений по интегральному управлению требует многофакторного анализа текущей ситуации и ее прогноза для оперативного и тактического обоснования принятия решений. Сложность получения соответствующей исходной информации, ее сбора, накопления, анализа влияния действующих факторов значительно снижается при использовании цифровых и геоинформационных технологий [2,3].

**Цель исследований** – разработка принципов и алгоритмов создания ГИС-веб-системы поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом.

Назначение геоинформационной веб-системы – обеспечение сбора, хранения, пополнения и предоставления необходимой для управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом информации, сужение области поиска рационального решения на основании предоставляемых результатов системных исследований, повышение обоснованности принимаемых решений [4,5].

**Методика исследований.** Разработка геоинформационной веб-системы для обоснования решений по развитию мелиоративно-водохозяйственного комплекса стала возможной на основе результатов многолетних исследований по развитию системы комплексного экологического мониторинга, информационно-аналитического обеспечения экосистемного водопользования в сельском хозяйстве, совершенствования системы управления водохозяйственными системами в условиях текущих климатических изменений и дефицита водных ресурсов, по разработке методических и технологических приемов реализации экосистемного водопользования в орошаемом земледелии в зоне недостаточного увлажнения. Используются натурные, лабораторные,

геоинформационные методы ведения комплексного экологического мониторинга водных объектов, гидротехнических сооружений и мелиорированных земель Республики Калмыкия. Результаты обработаны с применением статистических методов. Создание Веб-системы основано на применении IT-технологий как инструментов для обеспечения обработки, хранения, передачи и защиты информации, анализа и визуализации данных.

**Результаты и обсуждение.** Создание веб-системы основано на принципах, необходимых для обоснования ирригационно-хозяйственных мероприятий по управлению земельными, водными ресурсами, техническим состоянием мелиоративной системы, а также правилах, обеспечивающих ее функционирование как надежного инструментария для выбора оптимальной системы технологических приемов при интегральном управлении. Геоинформационная веб-система предназначена для совместного решения экологических, технических и эксплуатационных задач обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства на орошаемых землях

С точки зрения научно-методического обоснования мероприятий, необходимых для повышения эффективности функционирования мелиоративно-водохозяйственного комплекса и сельскохозяйственного производства, для обеспечения системы принятия решений информацией необходимо использовать результаты ведения комплексного эколого-мелиоративного мониторинга. Предполагается, что постепенно при его проведении реализуется переход на получение данных с помощью автоматизированных метеостанций, гидрологических постов, почвенных и агрохимических автоматизированных опробований, летательных аппаратов и иных дистанционных устройств с применением современных коммуникационных средств – 3G/4G/5G, спутниковой связи, WiFi, WiMAX.

В рамках применения IT-технологий для хранения многофакторной и объемной информации организуются базы данных, а для их целенаправленного экспертного использования – соответствующие базы знаний, содержащие справочную, методическую информацию, результаты натуральных исследований, опыта эксплуатации мелиоративных систем и возделывания сельскохозяйственных культур и др. Для обоснования решений по управлению элементами мелиоративно-водохозяйственной системы используется комплекс имитационных моделей как встроенных программных продуктов, готовых к использованию. При этом веб-система должна обеспечивать возможность проведения модельных сценарных прогнозных исследований и оптимизации получаемых результатов.

Для эффективного функционирования в основу веб-системы должна быть заложена клиент-серверная технология и блочно-модульная архитектура, позволяющая расширять функциональные возможности, обеспечивать интеграцию со сторонними программными продуктами и онлайн-сервисами с одной стороны и с другой - интуитивно понятный пользовательский веб-интерфейс, адаптированный для персонального компьютера, мобильного устройства. Принципом создания веб-системы как инструментария является

реализация развитого поискового механизма с возможностью ранжирования результатов.

Разрабатываемая веб-система может быть централизованной, децентрализованной с точки зрения хранения информации, а также интегрированной для персонализированного доступа к информационным хранилищам (реляционная база данных, Wiki-портал с базой знаний, облачное хранилище данных). Обязательное условие работы веб-системы - возможность коллективного пользования в круглосуточном режиме всеми заинтересованными участниками информационных отношений и связей с использованием сети Интернет.

Функционирование геоинформационной веб-системы поддержки принятия решений по управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом в режиме эксплуатации определяется ее архитектурой. Система состоит из блоков (модулей): комплексного экологического мониторинга; хранения и обработки информации; моделирования и оптимизации решений; аналитического.

На начальном этапе ее функционирования формируется подсистема комплексного экологического мониторинга, предназначенная для получения и первичной обработки информации о природно-климатических, гидрогеологических, почвенных и ирригационно-хозяйственных условиях, о сложившемся мелиоративном состоянии орошаемых земель, наличии и качестве воды для орошения и условиях водопользования, о техническом состоянии гидромелиоративных систем и других факторах, влияющих на производство продукции растениеводства.

Данные включают сведения о видах орошения, способах и техниках полива, о величинах фактической и потенциальной урожайности, практикующихся дозах вносимых удобрений, а также результаты многолетних тематических исследований, полевых и лабораторных экспериментов, проведенных в изучаемом регионе, апробированные рекомендации по приемам выращивания различных сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях. Информация систематизируется, хранится в базах данных и иных формах, сопровождается необходимыми базами знаний. Сведения отражаются в разработанной карточке каждого землепользователя (рисунок 1).

Системой предусмотрено построение по имеющимся данным интерактивных веб-карт с различными слоями, содержащими показатели состояния и развития объекта управления. Система позволяет выбирать сельскохозяйственные объекты для сравнения эффективности проводимых мелиоративно-водохозяйственных мероприятий, систем земледелия и урожайности культур.

Систематизированные исходные данные используются в модуле, связанном с созданием моделей, необходимых для обоснования мероприятий по эксплуатации мелиоративных систем, использованию водных ресурсов, ведению сельского хозяйства с учетом или текущего состояния объектов интегрального управления, или на основе прогноза кратко- и среднесрочных изменений. В подсистеме моделирования создаются или используются, находящиеся в свободном доступе математические, гидродинамические, регрессионные,

оптимизационные и иные модели, которые должны быть представлены в виде программных продуктов, интегрированных в ГИС-веб-систему.

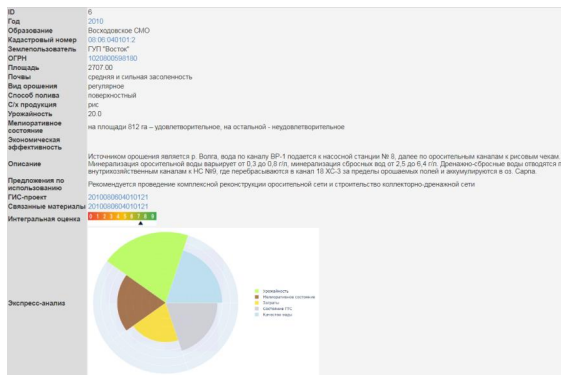


Рисунок 1 – Карточка землепользователя

При проведении моделирования разрабатываются сценарии интегрального управления мелиоративно-водохозяйственным комплексом, оцениваются возникающие технические, экологические, экономические риски и эффективность проведения намечаемых мероприятий, результаты проведенного моделирования могут быть визуализированы как в табличном, так и в графическом виде, решаются оптимизационные задачи для сужения области выбора необходимых оперативных, тактических или стратегических воздействий.

Анализ результатов моделирования, обоснование и выбор требуемых действий по управлению ситуацией на гидромелиоративных системах при получении продукции растениеводства, обеспечении сельскохозяйственного водоснабжения и пр. выполняются в экспертно-аналитической подсистеме принятия решений. Фактически, это заключительный модуль ГИС-веб-системы поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом.

Опираясь на многолетний опыт в качестве объекта исследований и пилотного объекта по разработке геоинформационной веб-системы выбрана Сарпинская обводнительно-оросительная система (СООС) в Республике Калмыкия. Для территории СООС характерны сложные ирригационно-хозяйственные условия [7,8], которые определяются развитием процессов увеличения засушливости климата, определяют сложность ведения сельского хозяйства, а аномальные погодные явления - рост климатических рисков. В Республике на протяжении нескольких десятилетий научными силами КФ ВНИИГиМ проводится мониторинг эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель, пастбищ и лиманов, водных объектов, исследуются процессы орошаемого и пастбищного земледелия [9,10]. Накопленный большой объем первичного и методического

материала позволяет обеспечить высокий уровень надежности разрабатываемой геоинформационной веб-системы поддержки принятия решений по управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом оросительно-обводнительной системы и Республики Калмыкия в целом.

**Заключение.** Проведенные исследования, включающие разработку принципов формирования и алгоритма работы, позволяют создать эффективную геоинформационную веб-систему обоснования и принятия решений по управлению водопользованием при обводнении и орошении земель, улучшению мелиоративного состояния земель и технического состояния гидротехнических сооружений, развитию орошаемого земледелия. В основу разработки ГИС-веб-системы положены результаты многолетних научных теоретических, методических и натурных исследований ВНИИГиМ в области экосистемного водопользования, мелиоративной гидрогеологии и почвоведения, комплексного экологического мониторинга, имитационного математического моделирования, программного обеспечения для решения различных задач мелиорации и гидротехники и в целом IT-технологий.

Разрабатываемая геоинформационная веб-система направлена на предоставление возможности лицам, принимающим решения (фермерам, главным агрономам, инженерам эксплуатационной службы и другим специалистам хозяйств), оперативно принимать взвешенные, научно обоснованные решения на длительную перспективу, а также тактического и оперативного характера с целью обеспечения оптимальных условий для возделывания сельскохозяйственных культур, повышения продуктивности орошаемых земель и эффективности сельскохозяйственного производства при рациональном использовании интегральных ресурсов.

#### **Список использованных источников**

1. Шевченко, В.А. Модель принятия решений в инновационных проектах развития сельскохозяйственного водопользования/ В.А. Шевченко, С.Д. Исаева, Э.Б. Дедова // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2022 -Том 65.- № 2 (386).- С. 124-128.
2. Шевченко, В.А. Новый этап развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса Российской Федерации / В.А. Шевченко, С.Д. Исаева, Э.Б. Дедова// Вестник Российской академии наук. - 2023.- Том 93. -№ 4.- С. 355–361.
3. Бояркин А. Цифровизация управления: преимущества, технологии, этапы. – 2022 г. // Информационный ресурс: <https://sales-generator.ru/blog/tsifrovizatsiya-upravleniya/?ysclid=lj78vsigr9332073574>.
4. Щедрин, В.Н. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» /В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, В.В. Слабунов, А.В. Слабунова, А.А. Завалин // Информационные технологии и вычислительные системы. - 2020 -№ 1.- С.54-64.
5. Коломийцев, Н.В. Создание информационно-справочной системы на базе веб-технологий для обоснования выбора технологий восстановления плодородия почв и рекультивации деградированных агроландшафтов / Н.В. Коломийцев, А.В. Матвеев // В сборнике: Роль мелиорации в обеспечении продовольственной безопасности. - Москва, 2022. - С. 345-352.
6. Ильинский, А.В. Информационно-справочная Web-система для принятия управленческих решений по повышению продуктивности почв мелиорированных сельскохозяйственных земель / А.В. Ильинский, А.В. Матвеев, К.Н. Евсенкин // Мелиорация и водное хозяйство. - 2021. - № 5. - С. 15-18.

7. Широкова, В.А. Агроэкологический мониторинг состояния Сарпинской обводнительно-оросительной системы / В.А. Широкова, А.А. Дедова, Р.М. Шабанов, Э.Б. Дедова // В сборнике: Цифровизация землепользования и кадастров: тенденции и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции 25 сентября 2020 года. М.: ВНИИГиМ, 2020. - С. 496-500.
8. Кониева, Г.Н. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период / Г.Н. Кониева, В.И. Иванова, М.Г. Адучиева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2023. - № 2 (70). - С 177-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-20.
9. Дедова Э.Б., Шабанов Р.М., Дедов А.А. Зональная шкала оценки качества поливных вод для условий Северо-Западного Прикаспия. Свидетельство о регистрации базы данных. Номер свидетельства:RU 2021620676от 09.04.2021. Заявка№2021620532от31.03.2021.
10. Кониева, Г.Н. Проблемы водообеспечения при развитии кормопроизводства в Республике Калмыкия / Г.Н. Кониева, Э.Б. Дедова // Орошаемое земледелие. - 2022. - № 3. - С. 17-20.

## References

1. Shevchenko, V.A. Decision-making model in innovative projects for the development of agricultural water use / V.A. Shevchenko, S.D. Isaeva, E.B. Dedova // International Agricultural Journal. - 2022 -Volume 65.- № 2 (386).- Pp. 124-128.
2. Shevchenko, V.A. A new stage in the development of the reclamation and water management complex of the Russian Federation / V.A. Shevchenko, S.D. Isaeva, E.B. Dedova // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. - 2023.- Volume 93. -No. 4.- pp. 355-361.
3. Boyarkina A. Digitalization of management: advantages, technologies, stages. – 2022 // Information resource: <https://sales-generator.ru/blog/tsifrovizatsiya-upravleniya/?ysclid=lj78vsigr9332073574>.
4. Shchedrin, V.N. Approaches to the formation of the information system "Digital melioration" / V.N. Shchedrin, S.M. Vasiliev, V.V. Slabunov, A.V. Slabunova, A.A. Zavalin // Information technologies and computing systems. - 2020 -No. 1. - pp.54-64.
5. Kolomyitsev, N.V. Creation of an information and reference system based on web technologies to justify the choice of technologies for restoring soil fertility and recultivation of degraded agricultural landscapes / N.V. Kolomyitsev, A.V. Matveev// In the collection: The role of land reclamation in ensuring food security. - Moscow, 2022. - pp. 345-352.
6. Ilyinsky, A. V. Information and reference Web-system for making managerial decisions to increase soil productivity of reclaimed agricultural lands / A.V. Ilyinsky, A.V. Matveev, K.N. Evsenkin// Land reclamation and water management. - 2021. - No. 5. - pp. 15-18.
7. Shirokova, V.A. Agroecological monitoring of the Sarpinsk irrigation system / V.A. Shirokova, A.A. Dedova, R.M. Shabanov, E.B. Dedova // In the collection: Digitalization of land use and cadastres: trends and prospects. Materials of the international scientific and practical conference on September 25, 2020. Moscow: VNIIGiM, 2020. - pp. 496-500.
8. Konieva, G.N. Analysis of changes in the main climatic indicators on the territory of the Republic of Kalmykia over a long period / G.N. Konieva, V.I. Ivanova, M.G. Aduchieva // Proceedings of the Nizhnevolsky Agrouniversity complex: science and higher professional education. - 2023. - № 2 (70). - From 177-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-20
9. Dedova E.B., Shabanov R.M., Dedov A.A. Zonal scale for assessing the quality of irrigation waters for the conditions of the Northwestern Caspian Sea. Certificate of registration of the database. Certificate number: RU 2021620676 from 04/09/2021. Application No.2021620532ot31.03.2021.
10. Konieva, G.N. Problems of water supply in the development of feed production in the Republic of Kalmykia/ G.N. Konieva, E.B. Dedova // Irrigated agriculture. - 2022. - No. 3. - pp. 17-20.