

## **Формирование функциональных блоков гидромелиоративных систем высокого ранга организованности**

### **Введение**

Декларируемая цель программы «Повышение водообеспеченности мелиорированных земель, инновационное развитие мелиоративного комплекса и его эффективное организационное и экономическое управление» в рамках Постановления Правительства РФ [1] - разработка реализационных возможностей для мелиоративных систем высокого ранга организованности или согласно классификации [2] систем нового поколения.

Научные разработки в данном секторальном направлении необходимы для успешной реализации задач современной агропромышленной политики в Российской Федерации, провозгласившей - «Неизменной целью государственной политики является обеспечение в приоритетном порядке комплексного и устойчивого развития земледелия, животноводства, мелиорации, рыболовства и агроиндустрии, обеспечивающих поставку на внутренний и внешний рынок качественной продукции, создание соответствующей инфраструктуры, наращивание технического потенциала, восстановление земель, проведение научных исследований и передача технологии» [3].

### **Материалы и методы исследований**

Для обозначенных в работе целей и задач методом исследования является обобщение методологические концепции, подчерпнутые из научных работ [55]. В качестве аналитического метода исследования использован системный подход, в основе которого лежит рассмотрение изучаемых объектов как взаимосвязанных и взаимодополняемых систем [4]. Авторами при формировании выводов и заключений использованы принципы диалектической логики, диалектика формы и содержания, явления и сущности, общего и специфического.

Предметом исследований является ГМС, которая существует в исходной и одновременно в преобразуемой окружающей среде. При этом окружающая среда в целях упрощения для решения многофакторной и многоуровневой задачи рассматривается как совокупность преобразуемых в результате мелиоративных воздействий объектов, изменение свойств которых оказывает влияние на состояние агроресурсного потенциала сельхозугодий, а также всех тех природных объектов, чьи свойства меняются под воздействием ГМС (водные источники, рельеф местности и т.д.). Априори принимается, что ГМС имеет или физические, или кадастровые, или естественные границы или границы, установленные исходя из целей исследования.

При исследовании сложные ГМС высокого ранга организованности (S) разделяют на функциональные блоки (Ф) или простые подсистемы, а последние на еще более простые – технологические (ТП) или процессинговые (ИП) блоки, пока сложная система не будет представлена совокупностью ее компонентов, которые могут быть достаточно надежно и хорошо количественно и качественно проанализированы и смоделированы.

Система, включающая многоуровневые функциональные блоки, связанные между собой изменяющимся потоком энергии, информации и перерабатываемого ресурса или вещества называется системой высокого ранга организованности. Основными частями системы являются вход, структура, или процесс, и выход. Под входом понимают:

- материальные ресурсы, энергию и информацию, которые поступают в систему и преобразовываются в ней;
- факторы и явления окружающей среды, воздействующие на систему;
- установленные способы функционирования системы - программы, регламенты, технологические инструкции, приказы, правила и др.

Реализационное позиционирование данной статьи находится в створе решения фундаментальных проблем создания, управления и технической эксплуатации оросительных и осушительных систем нового поколения - высокого ранга организованности, в том числе систем для двустороннего регулирования влажности почвы в целях сохранения агроресурсного потенциала территории в процессе производства высококачественной сельскохозяйственной продукции с разработкой инновационных инженерно-мелиоративных технологий.

### **Результаты и обсуждение**

До настоящего времени мелиорация как отрасль экономики не встроена в систему рыночных отношений, являясь, по сути, рудиментом социалистического типа производства, по причине отсутствия механизма образования добавленной стоимости к сельхозпродукции, и только в ограниченных случаях может иметь финансовую реализацию в виде предоставляемых услуг. Основная причина экономической несостоятельности производимых преобразовательных процессов заключается в том, что нет оцениваемых рыночным способом целей мелиоративных технологий или параметрический оформленных критериев их достижения.

Одна из главных задач и особенностей системного анализа заключается в поиске новых, зачастую неочевидных и неожиданных альтернативных решений по технологиям или процессинговым схемам мелиоративных преобразований. Если цель указывает направление действия, то критерий указывает эффективный способ ее достижения с использованием

располагаемыми технологиями [4]. При помощи оценки критериальных параметров производится сравнение альтернативных технологий с точки зрения рыночных механизмов, например, затраты—выгоды. Производится ранжировка альтернатив из числа целесообразных, далее выбирается оптимальная стратегия технического оснащения ГМС.

Для коренного перенаправления финансирования отрасли с опорой на собственное инвестирование хозяйствующими субъектами в развитие агроресурсного потенциала угодий необходимо менять целеполагание и критерии при выборе технологического контента для производственного процессинга на ГМС.

Актуальная практика и мировой опыт убедительно показывает, что комплексные программы мелиорации необходимо внедрять масштабнее с использованием современных технологий. Положение обусловлено тем, что задача планомерного увеличения урожаев культур на мелиорированных землях год за годом становится не достижимой из-за неполного регулирования всех аспектов продуктивной вегетации растений в складывающихся условиях окружающей его среды.

До недавнего времени под мелиорацией понимали в основном коренное улучшение водного режима, то есть создание оптимальных водных условий для растений. Мелиорации светового, теплового и питательного режимов рассматриваются как фрагментарные, непериодические транзакции независимого техногенного регулирования. На существующих ГМС не ставится основной целью комплексное регулирование режимов, и отсутствует технологическая база для его осуществления.

В этой канве особую значимость приобретает решение проблем создания и эксплуатации гидромелиоративных систем (ГМС) нового поколения, а также мелиоративных систем высокого ранга организованности для создания агро-мелиоративных и агролесохозяйственных комплексов, способных функционировать в условиях трансгенеза и глобальных изменений климата. Среди перспективных научно-практических разработок особо можно выделить следующие:

- разработка научных рекомендаций по воспроизводству плодородия деградированных почв с использованием высокоэффективных приёмов и средств современных видов мелиорации, в том числе биологической;

- обоснование ландшафтно-мелиоративной системы земледелия, включающей агротехнические и агро-мелиоративные мероприятия по повышению экологической емкости и устойчивости мелиорированных агроландшафтов (с учетом специфики ландшафтного устройства мелиорированных агрогеосистем), обеспечивающей повышение эффективности использования земель на 15-20% [3].

Развитие и организация ГМС в современной транскрипции - процесс преобразования и взаимодействия формирующих ее подсистем, способность реализации агроприродного и социального потенциала для перехода на более высокий ранг организованности и упорядоченности, возможность достижения состояния самоорганизации при максимальной оснащенности функциональными комплексами автоматизации процессов и воздействий. Перечисленные признаки соответствуют переходу ГМС на самый высокий уровень – пятое поколение [2]. *Суть смены поколений ГМС состоит в том, что в системах с одинаковой функцией каждый переход от поколения к поколению вызван устранением возникшего главного недостатка (недостатков), связанного с улучшением какого-либо критерия (показателя) развития при наличии определенных технико-экономических условий* [2].

Реализационные возможности возникают согласно закона смены поколений техники, гласящего «для обеспечения долговечности и/или конкурентоспособности технических систем их поколения заменяют на основе принципиального изменения технологий данной генерации систем».

Смена поколений функциональных комплексов, к которым относятся класс мелиоративных систем, происходит по причине возникновения в результате эволюции производственных отношений инновационных или амбициозных целей агропроизводства. Прежде всего наукоемких целей, достижение которых не реализуемо посредством существующего на данный момент времени технического уровня. Проблема заключается в том, что при исполнении технических заданий инновационных проектов генерация прогрессивных технологий, направленных на формирование контента нового поколений ГМС, наталкивается на несоответствие технического уровня инновационных элементов ГМС и стоимости их воплощения на практике [5].

Новые технологии по направлению земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства выявляют многоуровневые проблемы: сохранения и воспроизводства почвенного плодородия; эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов; естественной и антропогенной трансформации почв в различных природно-климатических зонах России; интеграции микроорганизмов и растений с целью создания эффективных растительно-микробных систем [5,6].

В данном контексте трудностями являются не только закономерности совершенствования их технического уровня, а также специфические имманентные закономерности рассматриваемой отрасли: *циклического изменения объемов производства продукции; многостадийного развития технологических элементов системы на всех иерархических уровнях;*

*специализации сельскохозяйственного производства; скачкообразного увеличения производственной мощности сельхозпредприятий, осваивающих мелиоративную технику и технологии управления водораспределением, характерные для новых поколений ГМС[2].*

Серьезные проблемы возникают на социально-экономическом уровне. В качестве примера - на определенной территории проектируются ГМС высокого ранга, а на ней ранее были размещены инженерно-технические устройства техносферной инфраструктуры, принадлежащих разным отраслям природопользователям или национальной экономики: нефтяникам, энергетикам, транспортникам и т.д. В этом случае должны производиться длительные процедуры согласования с уполномоченными межотраслевыми ведомствами по использованию водных и земельных ресурсов в условиях острой конкуренции и неопределенности правил в решении экономических задач.

В общем итоге оказывается, что у специалистов, занимающихся принятием решений в ходе формирования государственных программ по проектированию и созданию производственных систем природопользования высокого ранга в том числе ГМС, или отвечающих за оперативное управление региональными, агропроизводственными структурами, нет необходимой и весьма важной информации для корректной или адекватной оценки природно-экономической ситуации, а также для выбора стратегии и тактики бизнес-процессов.

Исследуемую ГМС высокого ранга организованности определяет ее внутренняя структура, представляющая собой каналы, по которым через входы поступают материальные, энергетические и информационные ресурсы и процессы их преобразования. Выходом является результат деятельности системы.

Количественной мерой взаимодействия входа или выхода системы со средой обычно является его интенсивность, т. е. количество вещества, энергии или информации, проходящего через него в единицу времени. Так, интенсивность входа в оросительную систему может быть оценена расходом (стоком) воды, ее мутностью, минерализацией и т. п.

В ГМС высокого ранга, включающих большое число подсистем, связь осуществляется за счет материальных или информационных потоков. Чем быстрее и надежнее обработка интенсивных информационных потоков, тем вероятнее, что подсистемы будут находиться в состоянии сбалансированности и организованности. Организованную мелиоративную систему, в отличие от прочих, определяет присутствие в ее составе структур, несущих информацию: о собственном конструктиве как некоего единства в пространстве и времени; о возможности гомеостаза и методе его сохранения посредством обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией; о способе освоения новых материальных и информационных ресурсов (способах самоорганизации) [7].

Согласно существующих представлений [8] ГМС высокого ранга состоят из четырех подсистем: технологической и техногенной – S1, энерго- и ресурсообеспечивающей – S2, экологической – S3, управляющей – S4, реализующих соответственно все выделенные в теории развития технических систем фундаментальные функции  $\Phi$  [кисаров]. Обобщенно функциональную структуру представляют:

$\Phi 1$  - технологическая функция – обеспечивает преобразование забранной воды из водоисточника  $A0$  в конечный продукт – оросительную воду  $Ak$ .

$\Phi 2$  - энергетическая функция – превращает вещество или извне полученную энергию (работа насосных станций)  $W0$  в конечный вид энергии  $Wk$  (энергия поданной на поля оросительной воды, преобразованной из состояния поливного тока в фазу почвенной влаги), необходимый для реализации функции  $\Phi 1$ .

$\Phi 3$  - экологическая функция – осуществляет управляющие технологические воздействия  $U1, U2$  на подсистемы  $S1, S2$  в соответствии с заданной программой  $Q$  и полученной информацией  $U10, U20$  о количестве и качестве негативных экологических изменений при подаче оросительной воды  $Ak$  и конечной энергии  $Wk$ .

$\Phi 4$  - функция автоматизированного интеллектуального управления  $OC$  – собирает (получает) информацию  $Q0$  о произведенном конечном продукте  $Ak$  и определяет требуемые  $Q$  качественные и количественные характеристики обеспечивающие реализацию процессов по забору подаче и распределению воды при наличии экологических и экономических ограничений [2].

Анализ существующих ГМС показал, что кроме перечисленных функций, в условиях современного аграрного природопользования необходимо учитывать еще целый ряд функциональных опций, например: сервисного и технического обслуживания, обеспечения безопасности и надежности гидромеханического оборудования [9]. Для адекватного функционирования ГМС высокого ранга организованности в условиях стохастически изменяющихся погодных условий, конъюнктурной неопределённости экономического состояния отрасли и меняющихся технологических, экологических и энергетических факторов необходима релевантная компоновка технологического контента. Компоновка определяется в ходе процедур декомпозиционного анализа.

Декомпозиционный анализ это многоэтапный метод анализа производственно-системной информации на основе взаимосвязей и взаимозависимостей между блоками и подсистемами ГМС, эффективности использования конструктивных элементов и технологического оборудования. При декомпозиции, прежде всего, выделяется, как целеполагающая, базисная часть, формирующая внутреннюю производственную среду ГМС [10]. Критерии

декомпозиции - это оптимизационные параметры для выбора альтернативных технологических решений, наилучшим способом обеспечивающих достижение поставленной цели формирования ГМС высокого ранга организованности.

В результате декомпозиции выявляются виртуальные границы, отделяющие внешнюю среду от внутренней инфраструктуры ГМС, которая, собственно, и представляет собой «организационный контекст» деловой среды предприятия.

Современная интерпретация оптимально-организованных ГМС представляет ее в виде интегрированной совокупности подсистем и блоков, позволяющих добиваться осуществления целей полагания и образующих производственное тело, а также деловую среду предприятия [9]. Деловая среда подразделяется на внешнюю, которая образуется не зависимо от производственной инфраструктуры и компетенции управленческого блока, и внутреннюю, которая формируется менеджментом предприятия сообразно назначению и функциональному содержанию системы. Контент подсистем и блоков оптимально-организованной ГМС образует её производственное тело. Производственный контент в своей основе и по структуре достаточно компактен (см.рис.1) и , в целом, инвариантен для ГМС различного назначения и вида мелиорации. В таблице 1 приведены функции и назначения блоков и подсистем.

На блок-схеме (рис.1.) центральный шестиугольник символизирует технологическое оснащение и внутреннюю деловую среду ГМС, которые принято называть производственным телом. Производственное тело, как правило, это комплекс управляемых гидротехнических сооружений: перегораживающие плотины, затворы, щиты-регуляторы, каналы различного уровня, перепады, быстротоки или сооружения насосных станций, магистральных и распределительных трубопроводов, электросилового оборудования и гидромеханических установок - насосов, задвижек, клапанов, дождевальных машин и многих других элементов, которые могут быть расположены на значительном удалении друг от друга, но гидравлически связаны между собой.

На схеме многогранник, в данном контексте - шестигранник, имеет условные границы в виде граней, которые подразумевают возможность встраивания или взаимодействия с внешними и внутренними структурами. Многогранник является базисным технологическим ядром для присоединения и конвергенции функциональных подсистем и блоков, изображенных также в виде многогранников, которым предписана конкретная фундаментальная функция. Линии виртуальных границ блоков и подсистем являются местом приложения и восприятия положительных и отрицательных связей.



Рис.1 Блок-схема управляющих подсистем оптимально-организованной гидромелиоративной системы [9].

В качестве подсистем принимаются функциональные обособленные участки, в структуре которых кроме компетентного персонала, специальной аппаратуры для управления и контроля, технического инвентаря имеются сооружения и объекты с производственными устройствами, механизмами, гидромеханическим оборудованием и арматурой (подсистемы контролинга и управления, гарантинга и сервиса, девелопинга и инжиниринга). На схеме подсистемы образуют базисный треугольник, обеспечивающий за счет внутрисистемных связей целостность и устойчивость эксплуатационной структуры, выполнение заданных функций, развитие инфраструктуры и основных фондов предприятия на обозримый период.

Блоки ГМС обеспечивают технологическую, логистическую и ресурсную поддержку основной производственной функции и целевому предназначению. Регулирующие устройства связаны с объектами регулирования через параметры приземного слоя воздуха, растения, почвы, грунтовых и подземных вод.



Таблица 1. Матрица оптимально-организованной гидромелиоративной системы [9]

Блоки и подсистемы	Производственное назначение	Технологическая функция	Организационная функция
Подсистема контроллинга и управления.	Управление и контроль производственными процессами технической эксплуатации	Диспетчеринг; технологический контролинг; оперативное управление водными потоками в различных эксплуатационных ситуациях; наладка и контроль автоматизированной системы управления; реализация графика системного распределения.	Определение задач и функции службы эксплуатации; планирование системного водопользования; регламентация эксплуатационных мероприятий и структуры штатного состава; анализ внешней информации; внутренний и внешний документооборот; эргономика.
Блок мониторинга и энвайронмента.	Контроль качества окружающей среды и прогноз влияния на неё производственных объектов	Инструментальный мониторинг окружающей среды территории и акватории водного источника; инженерный мониторинг технического состояния сооружений и оборудования; охрана окружающей среды протекторатной территории; управление геоинформационными системами.	Экологическое сопровождение эксплуатационных мероприятий при водопользовании; управление базами данных по массивам исследуемых параметров; моделирование производственных процессов и прогнозирование возможных состояний системы.
Подсистема гарантинга и сервиса	Поддержание в нормальном техническом состоянии основных производственных фондов	Техническое обслуживание объектов и сооружений; проведение ремонтных и восстановительных работ; гарантийное сервисное обслуживание гидромеханического и электротехнического оборудования.	Организация: бесперебойного гарантированного выполнения производственных функций; работы производственно-ремонтной базы; технологического обеспечения сопутствующих работ; мероприятий по благоустройству, рекультивации и рекреации.
Блок обеспечения надежности и системной безопасности	Обеспечение безопасности на производственных объектах системы	Управление системой оповещения, эвакуации и поддержания работоспособности во время аварий; обеспечение дееспособности комплекса предотвращения и минимизации разрушений при авариях; охрана капитальных сооружений, объектов и внешнего контура.	Обеспечение: функционирования комплекса антикатастрофа; соблюдения техники безопасности и охраны труда; страхование гражданской ответственности; руководства гражданской обороной на системе.
Подсистема девелопинга и инжиниринга	Модернизация и модификация техногенной среды системы	Обеспечение перманентной модернизации функциональных компонентов; осуществление реконструкции блоков водопроводящей сети и экспл. оборудования; модернизация технологических узлов и производственных линий; внедрение и отладка прогрессивных технологий; поддержание оптимальных кондиций производственных узлов в течении срока службы.	Организация производственных исследований и эксплуатационной науки; разработка проектов эксплуатационных мероприятий и подготовка регламентов; предпроектные технико-экономические исследования и обоснования планируемых капиталовложений; маркетинговые исследования и реклама; консалтинговые структуры; ведение клиентской базы.
Блок ресурсного обеспечения и провайдинга	Финансовое, энергетическое и ресурсное обеспечение производства,	Бесперебойное обеспечение электроэнергией технологического оборудования системы; создание и хранение материально-технических запасов, в том числе горюче-смазочными материалами; управление складским хозяйством; административно-хозяйственное обеспечение.	Финансовое обеспечение производственной деятельности и производственного персонала; взаимодействие с внешними контрагентами; энергетическое обеспечение; логистическое обеспечение и управление трудовыми ресурсами

Основным носителем управляющих воздействий является вода, что особенно важно не только при управлении водно-воздушным режимом, но и при управлении пищевым и тепловым режимами.

Блоки представляют собой агломерацию сходных по выполняемым задачам производственных штатных подразделений, оснащенных специальной аппаратурой, технологическим инвентарем и вспомогательным оборудованием (блоки мониторинга и энвайронмента, надежности и системной безопасности, ресурсного обеспечения и провайдинга). Для ГМС по сравнению с объектами автоматизации других отраслей количество объектов управления различной структуры невелико и доходит до сотен единиц.

Блоки также образуют функциональный треугольник, внутренние связи которого призваны обеспечить жизнеспособность организации, нейтрализовать опасные, проблемные факторы, процессы и обстоятельства, которые угрожают производственной и экономической стабильности предприятия (к таковым относятся - недостаточное обеспечение ресурсами, отсутствие квалифицированных кадров, низкая производительность труда, отсталые средства производства, отказы инвестирования, неплатежеспособность клиентов, отсутствие или недостаточность бюджетных средств собственника). Для обеспечения надежной управляемости всеми подсистемами ГМС необходимо обеспечить для интеллектуального оборудования, составляющего основу управляющего блока, возможность самообучаться на основании предыдущей информации и осуществлять сбор информации для установления зависимостей типа возмущение-реакция.

Управляющий блок и его функциональные элементы должны иметь высокую надежность и обеспечивать безаварийное управление блоками и подсистемами в условиях случайных агрессивных внешних природных и антропогенных аварийных воздействий, за счет создания системы регулирования с обратной связью и блоком прогноза условий внешней среды.

При анализе функциональной готовности ГМС высокого ранга необходимо учитывать, что кроме физических, естественно-природных процессов присутствуют темпоральные аспекты мелиоративной деятельности по преобразованию среды обитания на осваиваемых территориях. Темпоральные аспекты мелиоративных воздействий имеют специфические особенности. Во-первых – необходимо учитывать, что процессы в объекте управления протекают достаточно медленно - часы, сутки, декады. Во вторых - в отличие от разовых факторов агротехнического обеспечения урожая каждого года ГМС обеспечивает многолетний эффект преобразующего воздействия за счет ежегодного использования водопроводящих устройств и технических средств эксплуатации. Темпоральный эффект достигается при соблюдении правила, что потребность, масштаб,

последовательность рекомендованных и реализуемых типов и видов мелиорации вытекают из специфики физико-географических условий преобразуемой локации, из биологических законов растениеводства, из требований региональных систем земледелия и экономических возможностей хозяйств.

В качестве репрезентативной ГМС высокого ранга организованности может быть представлена ландшафтно-мелиоративная система (Л-МС). Л-МС представляют собой синтез функциональных возможностей инженерно-мелиоративного контента и технологического оборудования водохозяйственного обустройства, природоохранных объектов и сооружений защиты от опасных и аномальных воздействий окружающей среды во взаимодействии с организационной структурой ландшафтного землеустройства, с последовательностью и совокупностью комплекса мероприятий адаптивно-ландшафтного и точечного земледелия [10].

### **Выводы (заключение)**

На основании изложенного и учитывая специфику комплексного регулирования, в том числе и автоматического, условиями окружающей среды как объекта управления гидромелиоративными системами высокого ранга организованности можно сделать следующий вывод:

- производственное тело ГМС представляет комплекс управляемых гидротехнических сооружений, электросилового оборудования и гидромеханических установок, которые расположены на значительном удалении друг от друга, но технологически и гидравлически связаны между собой;
- количество объектов управления различной структуры по сравнению с объектами автоматизации других отраслей невелико и доходит до сотен единиц;
- регулирующие устройства связаны с объектами регулирования через параметры приземного слоя воздуха, растения, почвы, грунтовых и подземных вод;
- основным носителем управляющих воздействий является вода, что особенно важно не только при управлении водно-воздушным режимом, но и при управлении пищевым и тепловым режимами;
- управляющий блок и его функциональные элементы должны иметь высокую надежность и обеспечивать безаварийное управление блоками и подсистемами в условиях случайных внешних природных и антропогенных воздействий.

Можно констатировать положение, что экономическая функция ГМС высокого ранга организованности заключается в оказании комплексных услуг (создание сервис-

ной службы) по улучшению неблагоприятных природных - почвенных, гидрогеологических и климатических условий территории в целях успешного развития на ней различных отраслей национальной экономики, в первую очередь аграрного природопользования.

Все перечисленные функции ГМС высокого ранга организованности реализуются в блоках и подсистемах посредством инженерно-мелиоративных технологий. Функциональная надежность ГМС высокого ранга организованности зависит от информационной обеспеченности связей между отдельными элементами блоков и подсистем, что показывает важность исследования не только отдельных элементов, но и динамики развития системы в целом. Учет полученных зависимостей при проектировании и эксплуатации обеспечивает устойчивость оптимально-организованных ГМС для функционирования в условиях стохастического воздействия природных факторов и изменяющейся конъюнктуры экономического уклада.