

ГЛАВА 3. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ГИДРОЗУЛОВ И ГОЛОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

3.1. Безопасная эксплуатация и интеллектуальное управление гидротехническими сооружениями (Зборовская М.И.)

Увеличение эффективности орошаемых земель, исключение процессов, приводящих к заболачиванию, подтоплению и затоплению, вторичному засолению, закислению почвы являются определяющей задачей для получения стабильного, устойчивого, гарантированного урожая сельскохозяйственных культур. Постоянный контроль за состоянием почвы и растением, дифференцированная, адресная, точечная поставка воды и минеральных удобрений на поле в необходимых объёмах, позволит уменьшить энерго- и водопотребление при поливе. Рассмотрены вопросы роли гидротехнических сооружений в улучшении работы гидромелиоративных систем и в водной стратегии АПК, безопасности ГТС и отражения состояния гидромелиоративных систем (ГМС) и гидротехнических сооружений (ГТС) на порталах надзорных и управляющих органов. Приведены способы определения современных требований к обеспечению безопасности гидросооружений и отдельно расположенных гидротехнических сооружений гидромелиоративных систем, а также примеры эксплуатации ГТС.

В России мелиорация – ключевой фактор стабилизации сельскохозяйственного производства и компенсации неблагоприятного воздействия климатических изменений, имеющий второй по величине после энергетики объём использования природных водных ресурсов. Гидротехнические сооружения, находящиеся в ведении Минсельхоза России, определяют качество использования и экономические показатели гидромелиоративных систем.

По характеру расположения на местности гидромелиоративные объекты условно делятся на площадные, линейные и локальные.

Большая протяжённость линейных водопроводящих сооружений (таблица 3.1) требует высокого качества исполнения ГТС для доставки нужного количества воды и минимизации потерь воды на фильтрацию.

Согласно ФЗ N 4 «О мелиорации земель» рассматривают также отдельно расположенные гидротехнические сооружения - инженерные сооружения и устройства, не входящие в мелиоративные системы, обеспечивающие регулирование, подъем, подачу, распределение воды потребителям, отвод вод с помощью мелиоративных систем, защиту почв от водной эрозии, противоселевую и противооползневую защиту (отдельно расположенные водорегулирующие сооружения: шлюзы-регуляторы, трубы-регуляторы, трубы-переезды; мосты, в том числе: автомобильные, пешеходные, служебные, оградительные дамбы, гидромелиоративные каналы).

При этом ФЗ №4 является единственным документом, устанавливающим правовые основы деятельности в области мелиорации земель. Согласно статье 18 Федерального закона № 4-ФЗ организация учёта мелиорированных земель является одним из основных направлений деятельности соответствующих органов исполнительной власти на федеральном уровне и на уровне субъектов РФ в области мелиорации земель. Сюда входит и ведение кадастра, содержащего ежегодные сведения о мелиоративном состоянии орошаемых и осушенных земель [9].

Необходимость строительства многоцелевых гидротехнических систем является реальностью каждой страны. Благодаря своему расположению и функциям эти системы неизбежно влияют на некоторые природные процессы и балансы. Поэтому они часто подвергаются критике со стороны экологических и других движений, единственное внимание которых сосредоточено на сохранении природы.

Классификация по видам и типам ГТС

Вид сооружения		Тип сооружения	
1	Водоподпорные и водонапорные гидротехнические сооружения (ГТС)	01	Плотины и водохранилища низконапорные ($H \leq 10$ м)
		02	Плотины и водохранилища средненапорные ($10 \text{ м} < H \leq 40$ м)
		03	Плотины и водохранилища низконапорные ($H > 40$ м)
		04	Дамбы водозащитные ($H < 3$ м)
		05	Дамбы водозащитные ($H > 3$ м)
		06	Перегораживающие сооружения
		07	Шлюзы - регуляторы
		08	Вододелители
2	Водосбросные и водопропускные ГТС (в том числе сопрягающие)	01	Открытые водосбросы
		02	Шахтные и трубчатые поверхностные водосбросы
		03	Туннельные и глубинные водосбросы
		04	Траншейные водосбросы
		05	Сифонные водосбросы
		06	Водоспуски, донные водовыпуски
3	Водозаборные ГТС	01	Поверхностные водозаборы
		02	Глубинные водозаборы
4	Водопроводящие ГТС	01	Водоводы, пульповоды и золошлакопроводы
		02	Акведуки
		03	Туннели
		04	Лотки
		05	Каналы и дрены
		06	Дюкеры
5	Регуляционные и выправительные ГТС	01	Берегоукрепительные и дноукрепительные сооружения
		02	Струенаправляющие и струеотклоняющие дамбы
* В таблице не указаны ГТС специального назначения			

Необходимо способствовать лучшему пониманию затрат и выгод построения этих систем и выяснению методологии процесса объяснения

того, что во многих случаях устранило бы настоящие и часто ненужные сомнения в том, что, где и как строить [207].

Использование водного потенциала достигается в первую очередь за счёт многоцелевых технических решений, поэтому выбор лучших решений реализуется путём оптимизации процесса на основе выбранных критериев и мер. Но при использовании вод речь идёт о ресурсах, расположенных на точно определённых и ограниченных местах, и поэтому они являются единственными местами, которые можно использовать.

Это изначальное условие вызывает и ограничение процесса оптимизации этих систем, очень часто это также и основная проблема их реализации. Каждая система или их части состоят из источника воды, пространства накопления, места, подверженного опасности наводнения, и они часто поддаются ограничениям, навязанным предыдущей урбанизацией без планирования и строительства зданий и инфраструктурных систем.

При эксплуатации многоцелевых гидротехнических систем конфликты часто возникают между пользователями, имеющими разные интересы. Обычно вода эксплуатируется не так называемым оптимальным и целостным образом, но исходя из интересов ведущего владельца системы.

Из практики до сих пор известно, что преимущества и их стоимость при осуществлении проекта может быть выражена различными способами:

1.1. Прямые 1. По количеству продукции, полученной в результате реализации проекта (кВт·ч, м³, ...); 2. По защите (предотвращение повреждений); 3. По увеличению производительности.

1.2. Косвенные 1. Поощрение развития территории, где должен быть реализован проект; 2. По увеличению валового национального продукта (ВНП).

Помимо использования денежной единицы, преимущества также могут быть выражены неденежными средствами, например, через социальные блага или повышение ценности среды, в которой реализуется проект и т.д.

Учитывая сложность гидротехнических сооружений, расчёт чаще всего производят на основе прямых преимуществ и тех, которые могут быть представлены в денежном выражении [207].

Неуклонный рост спроса на воду во всех отраслях промышленности вызвал необходимость рационального управления водными ресурсами. Как уже говорилось, помимо промышленности и муниципальных служб, сельское хозяйство является основным потребителем поверхностных вод. Сельское хозяйство претерпевает динамические преобразования в связи с меняющимися потребностями и возможностями цивилизации. Одним из последствий этой трансформации является изменение моделей землепользования. В долгосрочной перспективе процесс исчезновения лугопастбищных угодий хорошо виден, а те, которые расположены в долинах рек с особыми биотопами и особыми методами управления, особенно подвержены риску трансформации. Эти изменения происходят из-за заброшенности, прекращения сельскохозяйственной деятельности или чрезмерной интенсификации сельскохозяйственного производства в этих районах. Таким образом, основная цель состоит в том, чтобы сохранить районы высокой природной ценности в будущем, где биоразнообразие является активом и должно быть защищено в соответствии с руководящими принципами Конвенции о биологическом разнообразии [ООН. В материалах Конвенции о биологическом разнообразии, Рио-де-Жанейро, Бразилия, 5 июня 1992 года; доступно онлайн: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf> (дата обращения 22 августа 2022 года)].

То есть растущий спрос на воду в сочетании с неблагоприятным изменением климата создаёт необходимость в хорошо продуманном управлении водными ресурсами. Такие цели достигаются благодаря соответствующей гидротехнической инфраструктуре, эффективность и функциональность которой зависят от её технического состояния. [208]. В литературе уделяется внимание безопасности ГТС 1-3 классов, но отсутствует метод оценки технического состояния малых плотинных

сооружений, в том числе шлюзовых ворот. Необходимо представить возможность использования многокритериального метода поддержки принятия решений для оценки технического состояния малых плотинных сооружений. Оценка включает как бетонные элементы (водосбросы, опоры и понур), так и стальные элементы (ворота и подъёмное оборудование). При анализе учитывается влияние растущей растительности, состояние бетонных поверхностей (например, трещины, полости, открытая арматура) и стальных элементов (коррозия, износ) [208].

Учёт мелиорированных земель ведётся несколькими структурами: Минсельхозом России, Росреестром, Федеральной службой государственной статистики (Росстатом) и имеет значительные расхождения данных о наличии мелиорированных земель в РФ (таблица 3.2).

Таблица 3.2

Схема учёта мелиорированных земель в РФ [9]



Согласно исследованиям, приведённым на портале отраслевой сети инноваций в АПК МСХ, средняя плотность сельского населения в РФ составляет 2,47 чел/км² против общей плотности населения 8,57 чел/км².

Наиболее плотно заселены сельские территории Северо-Кавказского федерального округа, южные регионы, а также историческое ядро России – рисунок 3.1.

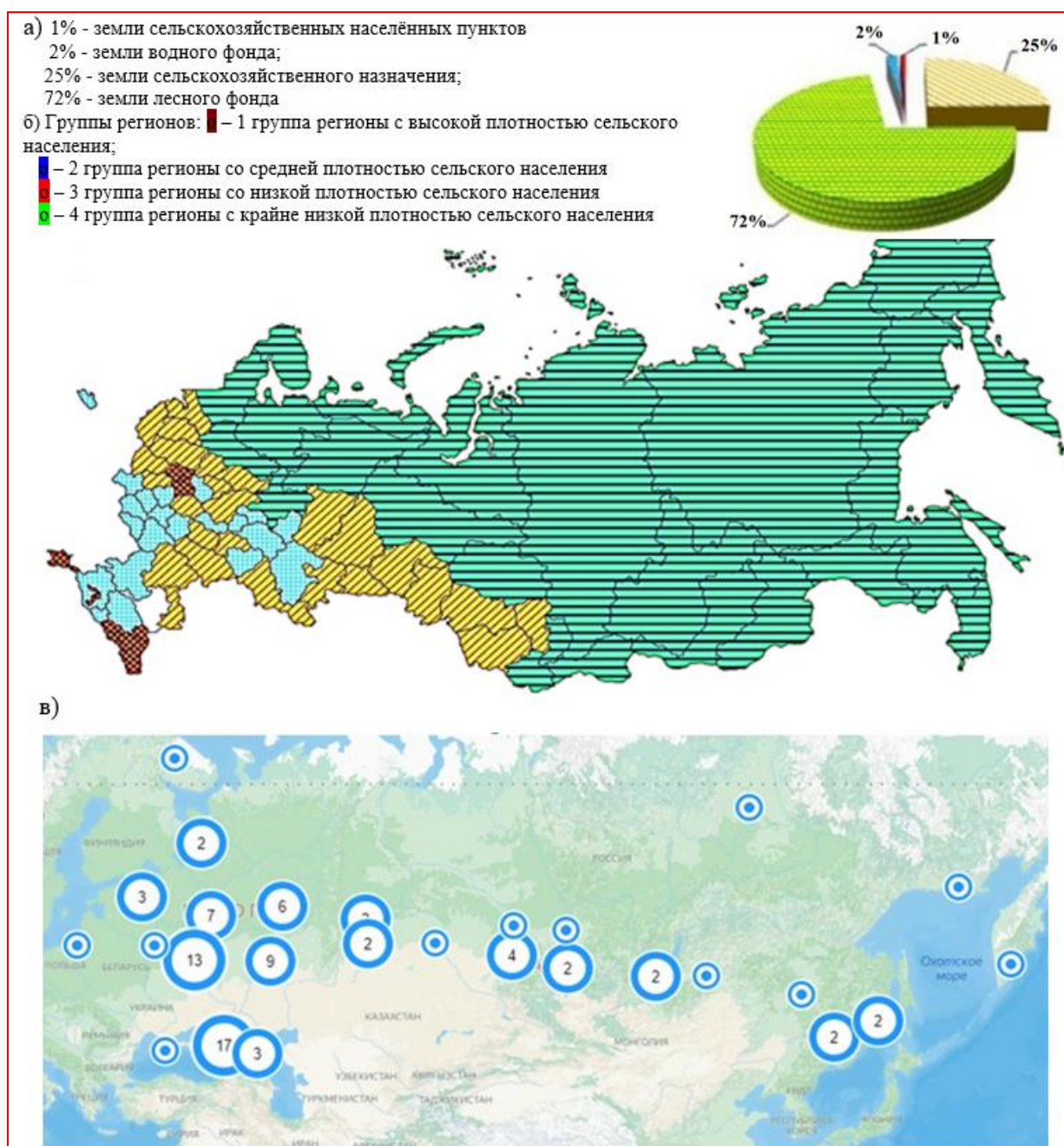






Рисунок 3.1 – Структура земельного фонда сельских территорий РФ по категориям земель, 2018 г. (а); карта-схема пространственного распределения групп регионов по плотности сельского населения (б) и распределение

федеральных государственных бюджетных учреждений мелиорации и водного хозяйства [208] (с)

На рисунке 3.16 отражены: 1 группа  — с высокой плотностью сельского населения (более 30,1 чел./км²) — 9 регионов; 2 группа  - со средней (10,1-30,0 чел./км²) – 20 регионов; 3 группа  - с низкой (3,1-10,0 чел./км²) – 27 регионов; г) 4 группа  - с крайне низкой (0,01-3,0 чел./км²) – 26 регионов. Наиболее сильно характеристики групп отражают демографическую ситуацию в регионе, далее влияют (по убыванию) — уровень экономического благополучия, уровень развития социальной и инженерной инфраструктуры.

Таким образом можно сказать, что тенденции развития сельских территорий сохраняют исторически заложенные корни и привязаны к природно-климатическим условиями и продолжают способствовать социально-экономическому развитию территорий при соответствующем поддержании данного вектора.

Гидроузлы и отдельно расположенные гидротехнические сооружения гидромелиоративных систем безусловно влияют на социально-экономическое развитие сельских территорий. Их количество и состояние отражены в данных российского регистра гидротехнических сооружений (<http://waterinfo.ru>). При этом в материалах регистра они расположены по регионам – это республики, края, области, а также Москва, Санкт-Петербург и Севастополь и делятся в зависимости от оценки их безопасности на сооружения с нормальным, пониженным, неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности.

Информационный портала ФГБНУ ВНИИ «РАДУГА» (<https://inform-raduga.ru/about>) содержит сведения о гидромелиоративных гидроузлах и гидросистемах и является официальным порталом МСХ РФ (открытость и доступность актуальной информации).

Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения на портале сгруппированы по мелиоводхозам в федеральных округах РФ и их

дислокация представлена на рисунке 3.1в. Как видно из рисунка 3.1 а÷в — есть корреляция между плотностью сельского населения и количеством организаций мелиоводхоза, занимающихся мелиоративными системами и гидротехническими сооружениями. Для каждого управления водного хозяйства представлены паспорта как гидромелиоративных систем, так и отдельно работающих гидротехнических сооружений с изменениями по годам.

Так, если мы рассмотрим состав сооружений ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», то в его состав входят 16 мелиоративных систем (МС, федеральных) и 8 отдельно работающих ГТС (ОР ГТС). Тогда как в Краснодарском крае согласно регистру ГТС на 2020 год зарегистрировано 83 комплекса ГТС (100%) и 361 гидротехническое сооружений (100%). Из них 56 комплексов ГТС по декларации (67,47%) и 53 ГТС (14,68%) с нормальным уровнем безопасности, 32,53% (27) комплексов ГТС и 52,08% (188) ГТС имеют пониженный уровень безопасности, 19,94 % (72) ГТС имеют неудовлетворительный уровень безопасности и одно гидротехническое сооружений имеет опасный уровень безопасности. В более детальной открытой информации регистра ГТС можно рассмотреть состав ГТС и класс, а также собственника сооружения.

Гидротехнический комплекс РФ нуждается в модернизации и особенно это касается плотин IV класса. ГТС энергетического направления входят в состав РусГидро и за последнее годы на многих из них проведена реконструкция и замена оборудования.

Намечается снижение износа государственной собственности РФ к 2030 году до менее 50%, в том числе износа мелиоративных систем до менее 30%.

При участии представителей Минсельхоза Минстроя, Минэкономразвития, Росрыболовства, Росприроднадзора, Росводресурсов и Росгидромета 19 января 2022 прошло межведомственное совещание, на котором обсудили оздоровление и развитие крупных водных объектов

России (находятся в ведении Бассейновых водные управлений (БВУ)– территориальных органов Федерального агентства водных ресурсов межрегионального уровня (Росводресурсы)). На совещании обсудили вопросы целесообразности разработки единого ФП по оздоровлению и развитию крупных водных объектов (бассейны крупнейших рек страны: Амур, Урал, Иртыш, Дон, Волга, а также реки Терек и водоёмы Балтийского бассейна). Высокая антропогенная нагрузка на водоёмы отрицательно сказывается на качестве поверхностных вод.

Федеральный проект «Оздоровление Волги» (нацпроект «Экология») и дорожная карта по оздоровлению и развитию водохозяйственного комплекса реки Дон позволяют решать острые вопросы экологического состояния этих рек. Формирование объединённого ФП для крупных водных объектов будет способствовать достижению национальной цели 2030 года — «Комфортная и безопасная среда для жизни».

В Краснодарском крае на орошаемой территории с помощью гидротехнических сооружений создан Краснодарский рисоводческий комплекс – крупнейшее мероприятие страны по выращиванию риса (80% от общего производства по Российской Федерации).

Гидротехнические сооружения – основные элементы любой мелиоративной системы. С их помощью аккумулируется и подаётся вода на оросительную систему, обеспечивается её заданный эксплуатационный режим: водоподача и водораспределение, водорегулирование, отвод излишков воды, сопряжение водоводов различной конструкции и т.д.

Для ГТС I–III класса требования к обеспечению безопасности удовлетворяются, а для наиболее многочисленных низконапорных сооружений IV класса и, особенно для бесхозяйных ГТС, они удовлетворяются не в полной мере и в ряде случаев практически игнорируются и не выполняются [214].

Согласно СП 58.13330.2019 в соответствии с установленными классами основных ГТС к низконапорным ГТС следует относить грунтовые плотины

IV класса высотой до 15 м, (бетонные и железобетонные плотины высотой до 10 м). ГТС мелиоративных гидроузлов IV класса с объёмом водохранилища до 50 млн м³, а также ГТС мелиоративных систем IV класса с площадью орошения и осушения до 50 тыс. га и каналы комплексного водохозяйственного назначения IV класса, в том числе сооружения на них, при годовом объёме водоподачи до 20 млн м³.

Орошаемое земледелие сейчас востребовано и имеет высокую рентабельность. Для снижения рисков необходимо строгое соблюдение нормативных показателей водохозяйственного баланса питающего водохранилища, его определение и согласование протоколом с бассейновым водным управлением оптимального режима попусков с графиком распределения воды.

ГТС – инструмент, позволяющий регулировать водозабор и транспортировку водных ресурсов из водных объектов, а также сброс сточных вод.

На учреждения, подведомственные Департаменту мелиорации Минсельхоза России, возложена обязанность по обеспечению безопасности эксплуатации и обеспечению эффективного функционирования мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

Основным документом безопасности ГТС является декларация безопасности гидротехнических сооружений (ДБ), которая регистрируется в Российском Регистре ГТС (РРГТС) не чаще одного раза в 3-5 лет в виде сведений из документа о декларировании безопасности ГТС (ДБ ГТС).

Регистр ведёт Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы) в порядке, установленном Правительством РФ.

При внесении в Регистр сведений о гидротехническом сооружении ему присваивается - I класс – гидротехническое сооружение чрезвычайно высокой опасности; - II класс – гидротехническое сооружение высокой

опасности; - III класс – гидротехническое сооружение средней опасности; - IV класс - гидротехническое сооружение низкой опасности.

Необходима комплексная оценка существующих подпорных ГТС (в том числе бесхозных).

Для своевременной оценки состояния ГТС ведётся их непрерывный мониторинг с максимально возможным объёмом информации, обработка данных мониторинга и проверка по результатам сравнения контрольных параметров с критериями безопасности ГТС «К1» и «К2»:

- К1 – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений ещё соответствует нормальным условиям эксплуатации;

- К2 – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при превышении которых эксплуатация ГТС в проектных режимах недопустима.

С марта 2021 г. заработал новый электронный реестр (<https://ot.gov.ru/>), в котором собраны все требования по безопасности сооружений и не по профилю контролирующих органов (например, СанПиН, пожарная инспекция), а по виду деятельности предпринимателя: например в туристическом или строительном бизнесе. Так называемый Реестр обязательных требований. В нём представлены избежавшие гильотины требования по обеспечению безопасности ГТС. Нормативные документы появляются на сайте сразу же после вступления в силу. Предпринимателю удобно отследить все требования и их изменения и избежать ситуации, когда эксплуатирующая организация не знает требований.

Улучшение технического состояния ГТС возможно в рамках федеральных целевых программ в области мелиорации земель и повышения плодородия почв. Противопаводковые мероприятия и техническое оснащение учреждений также входит в задачи мелиорации. При этом

ежегодно осуществляется комплекс противопаводковых мероприятий, включая расчистку на гидроузлах [45].

Созданием гидромелиоративных систем занимаются инженеры-гидротехники. В сельском хозяйстве гидротехник занят гидромелиорацией, снабжением водой земель и обводнением.

Эффективные системы управления водными ресурсами особенно важны в наше время, когда человечеству приходится иметь дело с последствиями глобального потепления. Согласно прогнозам, к концу 21-го века произойдёт дальнейшее повышение температуры воздуха; скорость и величина которого зависят от принятых сценариев. Исследования по изменению климата охватывают многие отрасли промышленности, затрагивая различные темы, например, в случае сельского хозяйства вопросы, касающиеся состояния воды, являются значительными. При этом более эффективные методы орошения могут сократить количество воды, подаваемой на поля сельскохозяйственных культур на 30-70%, а также увеличить урожай на 20-90%. Точное управление водными ресурсами в случае отдельных рек или целых водосборных бассейнов может быть реализовано только в том случае, если гидротехническая инфраструктура должным образом построена и функционирует.

В дополнение к решениям, направленным на строительство новых плотин, важно знать, насколько эффективно работают существующие сооружения и оценить техническое состояние плотин и заграждений с точки зрения безопасности. В настоящее время техническое и функциональное состояние мелиоративных устройств плохое, так как большинство из них были построены 50-70 лет назад и не поддерживались должным образом из-за недостаточного финансирования. В значительной степени эта инфраструктура технически изношена и без дополнительных финансовых затрат будет только ухудшаться. Важность этой проблемы также подтверждается международными институтами, в том числе Международной комиссией по крупным плотинам (ICOLD). Как международная

неправительственная организация ICOLD участвует в обмене профессиональной информацией и знаниями по проектированию, строительству, обслуживанию и воздействию крупных плотин. Отчёты ICOLD касаются старения плотин, оценки риска разрушения плотин, опасностей и безопасности ГТС. Они также охватывают оценку безопасности, которая требует учёта изменения климатических условий и увеличения риска ниже плотин (в результате увеличения плотности населения в этих регионах). Согласно ICOLD, конструкции плотин высотой до 2,5 м представляют серьёзную проблему. Техническое состояние таких плотинных сооружений может быть оценено с использованием различных методик, каждая из которых имеет свои плюсы и минусы. Признавая важность этой проблемы, ICOLD назначил Комитет по малым плотинам, который определил небольшую плотину (водохранилище) как плотину с высотой плотины $H_z = 2,5 \div 15$ м и объёмом водохранилища $V < 200$ млн м³. При этом стоит вопрос о разработке универсального метода оценки технического состояния малых гидротехнических сооружений, который можно было бы применять ко всем таким сооружениям. Большинство методов, используемых для оценки технического состояния гидротехнических сооружений, были разработаны для крупных водных сооружений.

Авторы [207, 208, 214, 218] проводили исследование среди студентов университетов, профессорско-преподавательского состава и опытных инженеров-гидротехников. Гипотеза заключалась в том, что веса, присвоенные ответам экспертов, являются более точными и должны использоваться при оценке технического состояния малых плотинных сооружений. Для определения важности отдельных элементов небольшого водного сооружения использовался многокритериальный метод поддержки принятия решений АНР (Analytic Hierarchy Process - Метод анализа иерархий). Исследование проводилось на польдере, расположенном в западной Польше. Однако, поскольку оцениваемые и учитываемые

параметры общедоступны, используемый метод является универсальным и может быть реализован на других сооружениях такого типа без каких-либо пространственных ограничений.

Для оценки технического состояния и безопасности плотин, шлюзовых ворот и береговой полосы был предложен метод, описанный Завадски с последующими модификациями Михалека [45, 208].

Новый метод учитывает строительные элементы, обычно связанные с небольшими сооружениями плотины. В ходе анализа учитывались внешний вид и состояние как неподвижных, так и подвижных элементов. Состояние сооружения оценивалось на основе наличия трещин, отверстий, обнажённой арматуры, капель и просачивания, обесцвечивания и растительности, наблюдаемых на постоянных конструкциях (каркас, опоры, понур). Этим методом также оценивалось состояние ворот и подъёмных механизмов (наличие коррозии и деформация движущихся частей). Все характеристики элементов конструкции оценивались на основе возникновения и интенсивности неблагоприятных или вредных процессов в конструкции в соответствии со следующей шкалой: 5 - очень хорошее состояние (отсутствие неблагоприятных процессов); 4 - хорошее состояние, 3 - удовлетворительное состояние, 2 - неудовлетворительное состояние, 1 - плохое состояние (очень высокая интенсивность неблагоприятных процессов). Исследование было основано на материале, собранном во время визуального осмотра, который включал подробную фотодокументацию в виде наземных фотографий пяти образцов дамбовых сооружений (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Фотографии водных сооружений: S4 - плотины на канаве Вискоч и S3 - водяных ворот на реке Ракоча Струга

Решение проблем с использованием многокритериальных методов проводится в несколько этапов. Первый заключается в создании иерархической структуры, т.е. в декомпозиции анализируемой проблемы. Иерархическая древовидная структура описывает цель, общие факторы, а на последующих уровнях - все более специфические факторы. Уровни древовидной структуры в методе АНР могут быть бесконечными, но на последнем всегда есть решения. Древовидная структура показывает структуру обсуждаемой проблемы чётким и всеобъемлющим образом. На основе решения дерева получены значения важности оценок технического состояния отдельных элементов плотинных сооружений. В исследовании рассматривались результаты опроса, в котором респонденты присваивали веса при сравнении отдельных факторов и элементов сооружений. У респондентов не было никаких критериев. Они использовали только свои собственные знания. Небольшая помощь была оказана в описании используемых шкал. Полученные таким образом числа заполняли матрицы, решение которых позволяло определить важность каждого элемента для оценки технического состояния. Это должно было использоваться для определения порядка приоритета отдельных элементов, подлежащих оценке. Результаты исследования позволили разработать предложение по универсальному методу оценки технического состояния малых плотинных

сооружений на орошаемых территориях, который может быть использован для оценки любых таких территорий.

Большинство популярных методов оценки технического состояния гидротехнических сооружений были разработаны для крупных гидротехнических сооружений.

Михалек провёл исследования в контексте сравнения оценок технического состояния, выполненных различными группами людей. Он сравнил результаты оценок, сделанных экспертами и студентами. Студенты оценивали техническое состояние в два этапа: без обучения и после обучения. Анализ результатов, полученных Михалекком, показал, что обучение студентов оказало отличный эффект и сделало их результаты оценки технического состояния более похожими на те, которые предоставляют эксперты.

Необходимо отметить важность рассмотрения надёжной работы ГТС мелиоративных систем и анализа технического состояния малых плотинных сооружений ГМС, использования метода гибридной оценки технического состояния гидротехнических сооружений. При описании использования модифицированного метода Завадского, адаптированного к характеристикам анализируемых сооружений, оценка была сосредоточена на бетонных элементах водосброса, опорах и понуре, а также на стальных элементах ворот и подъёмного оборудования. В предлагаемом методе веса, определенные методом АНР, играют важную роль. Для их определения использовались опросы, проведённые различными группами людей с опытом работы в отрасли (студенты и эксперты). На основе анализа весов установлено, что как для студентов, так и для экспертов наименьшее значение вектора решения получено по растительности, окружающей сооружения. Наибольшее значение вектора решения матрицы для студентов получено для фактора отверстия, а для экспертов – для коррозии элементов ворот. Анализ опросов показал, что при оценке технического состояния важны не только знания

студентов (часто только теоретические), но также опыт и практика инженерных экспертов.

В конце концов, веса, полученные в результате опросов экспертов, признаны важными при оценке технического состояния сооружений, и поэтому для водосброса веса составили 0,17, для устоев 0,12, для фартука 0,18, для ворот 0,31 и для подъёмных механизмов 0,22. Учитывая, что оценка основана на общедоступных параметрах, предлагаемый метод является универсальным и может быть применён для других сооружений такого типа в разных регионах мира, что важно с точки зрения их эксплуатации и планового ремонта для их оптимального использования в управлении водными ресурсами.

Инвестиции [207], необходимые для достижения ожидаемых или запланированных, делятся на две основные группы:

- инвестиции в строительство гидротехнических систем, их использование и содержание;
- расходы, возникающие из-за уменьшения ценности пространства, окружающей среды и природы, а также из-за уменьшения социальных и культурных ценностей.

Затраты на инвестиции в строительство гидротехнических систем, их использование и содержание, выражены как правило, в денежном выражении и состоит из трех групп расходов:

Затраты на строительную систему – прямые и косвенные; (прямые: строительные работы, расходы на снабжение и установка оборудования, покупка и компенсация затрат на землю, здания и полученный доход; косвенные: расходы инвестора, расходы на исследования и проектирование, незапланированные расходы); расходы на обслуживание и использование системы – ежегодные прямые расходы: оплата труда сотрудников, обслуживание здания и оборудования, транспортные расходы (топливо, смазочные материалы и т. д.), общие расходы (телефон, отопление и т. д.), различные расходы (страховки, фонды, взносы и т.д.), специальные расходы

(технические наблюдения, очистка от ила, мероприятия во время половодья, гололёда и т.д.). Эти результаты, исходя из имеющегося опыта, можно оценить примерно от 1,5% до 4% от расходов на строительство.

Затраты на обновление системы. Некоторые части системы и системы в целом имеют ограниченный срок годности, после которых они больше не могут рационально использоваться, поэтому необходимо инвестировать средства для обновления здания или инвестиций в новостройку. На гидроэлектростанциях замена электромашин производится через 25 лет, а гидромеханического оборудования через 35 лет.

Расходы, связанные с уменьшением ценности пространства, окружающей среды и природы, а также уменьшением социальных и культурных ценностей - (стоимость товаров, вложенных в достижение нового состояния), обычно не может быть выражена в денежной форме.

Однако в настоящее время процедуры оценки этих ценностей в денежном выражении все больше развиваются. Другими словами, есть стремление создать возможности более понимающих оценок, вложенных в тот или иной проект.

Важно то, что все преимущества должны быть чётко подчеркнуты и озвучены в самом начале презентации проекта. Практика до сих пор обычно не предполагала чёткой привязки гидротехнической системы к некоторой уникальной целевой структуре. Поэтому, поскольку общественность о них не была проинформирована, многочисленные преимущества плановых систем не были замечены, их влияние на целостное развитие, устройство и охраны водораздела, однако их роль в основном сводилась лишь к гидроэнергетической или водохозяйственной цели. Так как все эффекты не были заявлены до начала строительства явно и ясно, то они обычно трактуются как «цена», которую позволяют другие пользователи пространства — например, Электроэнергетическая компания построит свою систему на «своём» пространстве. Это, прежде всего, большой методологический недостаток практики — очень узкая демонстрация

преимуществ интегральной проводимости и использования пространства, что, как следствие, привело к предметному противостоянию, которое в основном имеют те же цели в окончательном общем преимуществе.

3.2. Интеллектуальное управление подачей воды (Фартуков В.А, Ханов Н.В.)

Орошаемые земли являются одним из главных факторов обеспечения стабильности сельскохозяйственного производства и обеспечения продовольственной безопасности. На орошаемых землях, составляющих менее 20% площади пашни, производится более 40% продукции растениеводства. Ежегодный рост орошаемого земледелия на 15%, с целью получения высоких, гарантированных урожаев при снижении водопотребления и затрат на электроэнергию, а так же трудозатрат, применение регулирования производительности поливной системы для каждого сектора поля. Результатом регулирования подачи воды для полива растений является получение устойчивого, стабильного урожая, и экономия водных ресурсов. Отсутствие постоянного контроля над состоянием почвы и растений, образование поверхностного стока воды, луж, ухудшает структуру почвы и её энергетическое состояние, приводит к неэффективному использованию воды и энергии (перерасход воды или её недостаточное количество) при поливе сельскохозяйственных культур и как следствие к увеличению финансовых затрат на агротехнические мероприятия [76, 93, 122,136].

Разработка и создание аппаратно-программного комплекса базирующегося на IT-технологии и интерфейса LoRaWAN, который реализует технологию дифференцированной подачи воды каждому растению в нужное время [136]. Определяющими задачами аппаратно-программного комплекса - постоянный контроль за состоянием почвы и растения,