

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

**Федеральное государственное научное учреждение  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»  
(ФГНУ «РосНИИПМ»)**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Сборник научных статей**

**Выпуск 44**

Новочеркасск  
2010

УДК 631.587

ББК 41.9

П 78

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Н. Щедрин (ответственный редактор), Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев, Г. А. Сенчуков, Т. П. Андреева (секретарь).

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В. И. Ольгаренко – заведующий кафедрой «Эксплуатация мелиоративных систем» ФГОУ ВПО «НГМА», засл. деятель науки РФ, чл.-кор. РАСХН, д-р техн. наук, профессор;

В. В. Бородычев – руководитель ВКО ГНУ «ВНИИГиМ», чл.-кор. РАСХН, д-р с.-х. наук, профессор.

**П 78 Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2010. – Вып. 44. – 228 с.**

Сборник статей подготовлен ФГНУ «РосНИИПМ» по материалам круглого стола «Вопросы эксплуатации мелиоративных систем и реализация положений Водной стратегии в АПК Ростовской области» и научно-практических конференций «Перспективы развития национальной стандартизации в области мелиорации», «Разработка мероприятий по повышению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС, техническое перевооружение и модернизация ГТС средствами водоучета и автоматизации водораспределения и водоотведения на мелиоративных системах», «Совершенствование организации водоучета и водораспределения на мелиоративных системах», «Повышение эффективности использования водных ресурсов в орошаемом земледелии», «Эксплуатационный мониторинг технического состояния и современные методы обследования ГТС мелиоративного назначения».

УДК 631.587

ББК 41.9

ISBN 5-93542-032-5

© ФГНУ «РосНИИПМ», 2010

© Авторы, 2010

© Оформление.

ФГНУ «РосНИИПМ», 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Сенчуков Г. А., Слабунов В. В.</b> Состояние и тенденции развития системы стандартизации в области мелиорации.....	6
<b>Шкодина О. П.</b> Пути развития национальной стандартизации в области мелиорации с учетом взаимодействия с ТС/SC ISO....	15
<b>Жук С. Л., Слабунов В. В., Воеводин О. В., Кожанов А. Л.</b> Правовое и нормативно-техническое обеспечение эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети.....	21
<b>Воеводин О. В., Кожанов А. Л., Слабунов В. В., Жук С. Л.</b> Взаимодействие организаций различных специализаций на стадиях жизненного цикла мелиоративных систем.....	26
<b>Кожанов А. Л., Воеводин О. В., Слабунов В. В., Жук С. Л.</b> Обеспечение эксплуатации головных (водозаборных) сооружений.....	33
<b>Слабунов В. В., Воеводин О. В., Кожанов А. Л., Жук С. Л.</b> Обеспечение экологической безопасности мелиоративных систем .....	39
<b>Штанько А. С.</b> Обеспечение безопасной эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения .....	46
<b>Сенчуков Г. А., Капустян А. С.</b> Совершенствование административных действий и процедур по ведению учета водных объектов в АПК.....	51
<b>Сенчуков Г. А., Капустян А. С.</b> Совершенствование методического обеспечения разработки схем комплексного использования и охраны водных объектов.....	55
<b>Чураев А. А., Юченко Л. В., Вайнберг М. В.</b> К проблеме оснащения мелиоративных систем средствами водоучета .....	59
<b>Савенкова Е. А.</b> Современные методы и средства контроля технического состояния мелиоративных сооружений .....	63
<b>Игнатченко М. К.</b> Приплотинная Адыгейская ГЭС в составе Краснодарского гидроузла.....	68
<b>Морогов К. В.</b> Современный уровень безопасности ГТС мелиоративного назначения в Ставропольском крае .....	71
<b>Косиченко Ю. М., Поляков Д. С.</b> Оценка технического состояния каналов по данным обследований.....	75
<b>Бакланова Д. В.</b> Возможные сценарии аварийных ситуаций на каналах .....	81

<b>Морогов К. В.</b> Причины аварий грунтовых плотин .....	87
<b>Рустамова Т. Л.</b> Анализ сопряжения потоков за малыми водопропускными сооружениями .....	91
<b>Косиченко М. Ю., Чернов М. А.</b> Компьютерный расчет осредненного коэффициента фильтрации противofильтрационных облицовок каналов .....	96
<b>Щедрин М. А.</b> Повышение надежности работы трубопроводов полустационарной оросительной системы .....	101
<b>Чернова Д. А.</b> Управление наносами как способ повышения качества эксплуатации гидротехнических сооружений .....	107
<b>Мордвинцев М. М., Лапшенков С. И.</b> Оценка связи гидравлических характеристик и режима движения наносов с осредненной по сечению скоростью потока .....	111
<b>Бакланова Д. В.</b> Методы устройства перемычек и ликвидации проранов .....	118
<b>Косиченко Ю. М., Шкуланов Е. И.</b> Оценка ремонтпригодности и эргономичности водохозяйственных систем .....	123
<b>Сахаров Р. Ю.</b> Водные ресурсы России .....	131
<b>Кафтанатий Ю. А.</b> О современном состоянии малых водоемов .....	136
<b>Фомин С. В.</b> Оценка взаимодействия каналов и малых водоемов с окружающей средой .....	140
<b>Сенчуков Г. А., Капустян А. С.</b> Водохозяйственные проблемы в АПК и пути их решения .....	145
<b>Капустян А. С., Гостищев В. Д., Пономаренко Т. С.</b> Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе страны .....	149
<b>Бондаренко В. Л., Кувалкин А. А.</b> Правила ведения водного режима р. Кубань на участке совместного водопользования Зеленчукской ГЭС и Большого Ставропольского канала .....	154
<b>Кульгавюк А. В.</b> Предложения по техническому оснащению оросительных систем для эффективного мониторинга водораспределением .....	157
<b>Васильев В. В.</b> Повышение обводнительного эффекта оросительной системы .....	163

<b>Лозовой В. Н., Васильченко А. П.</b> Состояние источников питьевого водоснабжения из поверхностных и подземных источников в России.....	168
<b>Бондаренко В. Л., Гаврилюк С. М.</b> Повышение надежности систем водоснабжения промышленных предприятий на основе системного подхода.....	173
<b>Кузьмичев А. А.</b> Современное состояние и перспективы развития лиманного орошения.....	179
<b>Кожанов А. Л., Воеводин О. В.</b> Прогнозирование размеров периодически орошаемых дополнительных площадей.....	184
<b>Калиниченко В. П., Солнцева Н. Г., Сквепень А. Н., Зинченко В. Е., Черненко В. В., Болдырев А. А., Рыхлик А. Э.</b> Ирригационный влагоперенос как фактор системного кризиса современной ирригации .....	190
<b>Шепелев А. Е.</b> Струеобразующие элементы дождевальных машин.....	194
<b>Слабунов В. В., Дедогрюк В. А.</b> Влияние технологии орошения на выбор параметров дождевателя консольного дальнеструйного фронтального .....	199
<b>Слабунов В. В., Дедогрюк В. А.</b> Исследование потерь воды при поливе дождевателем консольным фронтальным дальнеструйным.....	204
<b>Шепелев А. Е.</b> Процессы, влияющие на испарение воды, при дождевании в Ростовской области.....	209
<b>Бондаренко В. Л., Кувалкин А. А.</b> Автономно-гибридный энергокомплекс на базе возобновляемых источников энергии как средство эффективного энергоснабжения предприятий АПК .....	211
<b>Бандурин В. А.</b> Исследование загрязнения земель сельскохозяйственного назначения жидкими промышленными отходами..	217
<b>Бондаренко В. Л., Красильникова А. Е.</b> Использование ветроэнергетических установок в сельском хозяйстве.....	221

## **СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ**

Как известно, в настоящий момент в России проходит реформа технического регулирования. Сформированная в СССР система государственного нормативного обеспечения в различных отраслях трансформируется в национальную систему стандартизации России.

Начало реформы технического регулирования в России было положено с принятием 27 декабря 2002 Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1]. В дальнейшем в настоящий закон был внесен ряд поправок и изменений, последние из которых датируются 30 декабря 2009 г.

Сфера применения данного закона распространяется на возникающие при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции или к связанным с ними процессам, в том числе процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, эксплуатации.

В соответствии с законом [1], документом, устанавливающим обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования, является технический регламент. Технические регламенты призваны гарантировать безопасность продукции и безопасность связанных с требованиями к продукции процессов.

Существенную роль в техническом регулировании призваны сыграть национальные стандарты и своды правил. Свод правил и национальные стандарты являются документами добровольного применения и разрабатываются применительно к отдельным требованиям технических регламентов или к объектам технического регулирования в целях обеспечения требований технических регламентов. Применение на добровольной основе национальных стандартов и/или сводов правил является достаточным условием соблюдения требований соответствующих технических регламентов.

В перечень документов в области стандартизации входят также:

- правила (нормы) стандартизации;
- рекомендации по стандартизации;

- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;

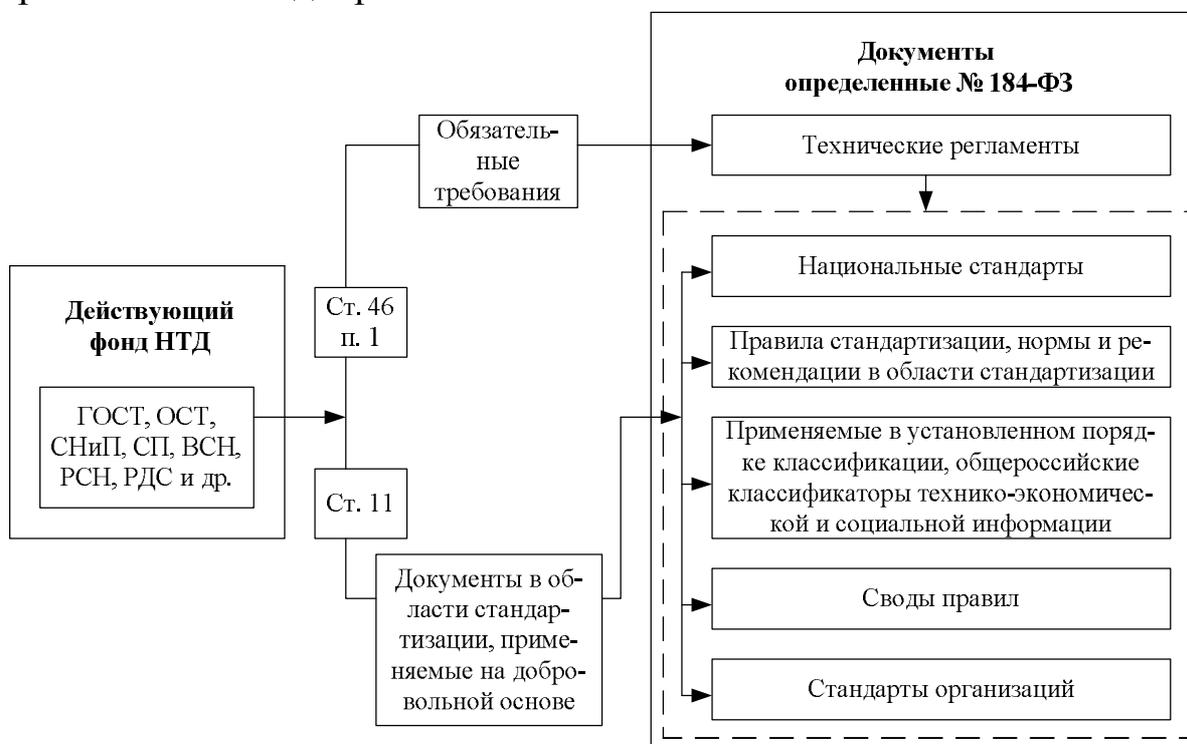
- стандарты организаций (СТО).

Хотелось бы остановиться подробнее на стандарте организации.

Стандарт организации (СТО) – стандарт, утвержденный и применяемый организацией для целей стандартизации, а также для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, а также для распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок.

После вступления в силу закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» стандарт организации становится единственным законным документом на продукцию, выпускаемую предприятием, и в перспективе должен заменить действующие в настоящее время технические условия (ТУ).

В целом, реформа технического регулирования проиллюстрирована на рисунке 1. Как видно, имеющаяся система нормативно-методического обеспечения трансформируется в систему, содержащую обязательные к исполнению требования, приводимые в технических регламентах и комплекс документов в области стандартизации, применяемых на добровольной основе.



**Рис. 1. Применение № 184-ФЗ «О техническом регулировании» к действующему фонду нормативно-технической документации**

Какова же современная ситуация в сфере технического регулирования и нормативно-методического обеспечения в мелиоративном комплексе России?

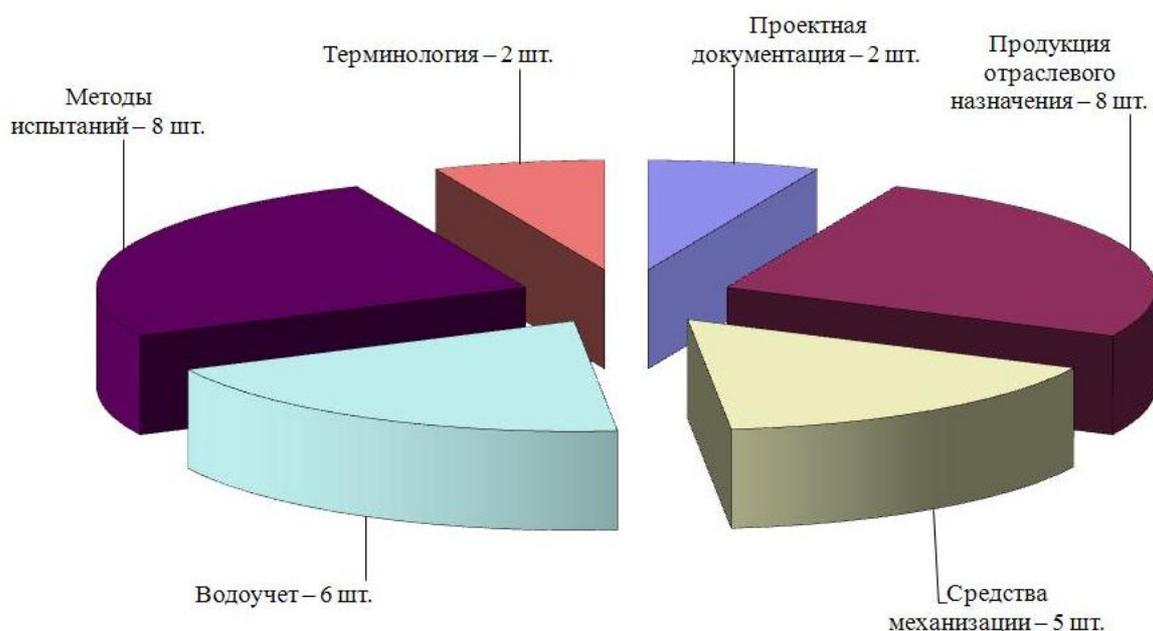
Проведенные в ФГНУ «РосНИИПМ» исследования показывают, что, по существу, в настоящее время как проектные, так и строительные и эксплуатационные организации, осуществляющие свою деятельность в области мелиорации продолжают в значительной степени руководствоваться нормативными документами, разработанными и утвержденными еще в СССР.

Условно существующую на настоящий момент нормативно-методическую и нормативно-правовую базу, обеспечивающую мелиоративную отрасль можно разбить на 4 блока.

Первый блок включает в себя основополагающие нормативно-правовые документы, среди которых можно выделить:

- № 4-ФЗ «О мелиорации земель»;
- № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
- № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства»;
- № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»;
- № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».

Второй блок представлен 31-м национальным стандартом, включающим (рисунок 2):



**Рис. 2. Блок 2 «Национальные стандарты»**

а) два национальных стандарта:

- ГОСТ 19185-73, устанавливающий понятия в гидротехнике;

- ГОСТ 26966-86, устанавливающий понятия в области гидромелиорации;

б) восемь стандартов (ГОСТ 21509-76, ГОСТ 22930-87, ГОСТ 23899-79, ГОСТ 23972-80, ГОСТ 24587-81, ГОСТ 24694-81, ГОСТ 26067.0-83-26067.1-83, ГОСТ 27857-88), ориентированных на продукцию сугубо отраслевого применения – это лотки оросительные, плиты для облицовки каналов, колонны и фундаменты железобетонные для лотков, трубы для дождевальных установок. Хотелось бы отметить, что данный фонд стандартов был сформирован более 20 лет назад и был разработан применительно к массовому строительству гидромелиоративных систем и дождевальных машин в условиях плановой экономики;

в) правила разработки проектной документации в мелиорации содержатся в двух стандартах: ГОСТ 21.615-88 и ГОСТ Р 21.1709-2001, отражающих общие требования и нормы к выполнению и составу чертежей гидротехнических сооружений и линейных сооружений (каналов и трубопроводов) гидромелиоративных систем;

г) требования к средствам механизации представлены пятью стандартами: ГОСТ 18444-82, ГОСТ 23389-78, ГОСТ 28523-90, ГОСТ 28524-90, ГОСТ 28708-2001. Большая часть из этого перечня гармонизирована с европейскими стандартами, однако в настоящий момент необходимо уточнение параметров средств механизации вследствие технического прогресса (применения нового оборудования, материалов и др.);

д) особо необходимо отметить восемь стандартов, регламентирующих методы испытаний оросительного оборудования и дождевальных машин. Данный перечень представлен идентичными с ИСО стандартами, которые были приняты без учета специфических особенностей РФ и многолетнего накопленного опыта в данной области, а разночтения в терминологии могут оказать трудности при их применении (ГОСТ ИСО 7714-2004, ГОСТ ИСО 7749-1-2004, ГОСТ ИСО 7749-2-2004, ГОСТ ИСО 8224-1-2004, ГОСТ ИСО 8224-2-2004, ГОСТ ИСО 9260-2004, ГОСТ ИСО 9261-2004, ГОСТ ИСО 11545-2004);

е) комплекс стандартов по водоучету на гидромелиоративных и

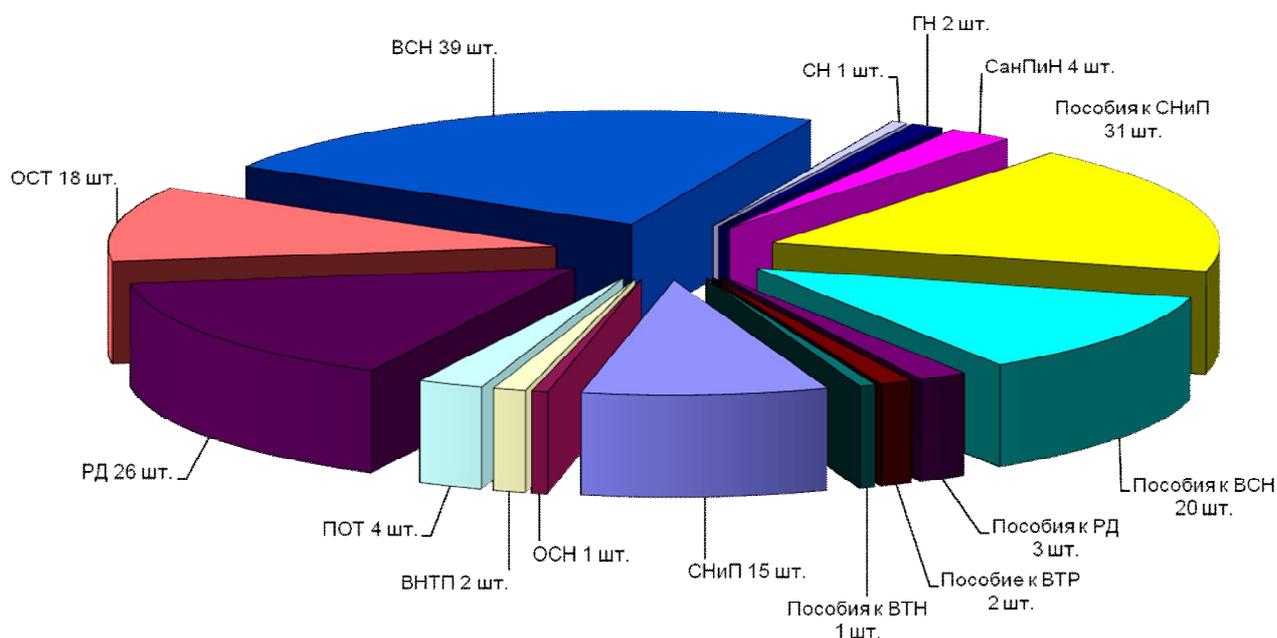
водохозяйственных системах, представленный шестью национальными стандартами, принятыми в период с 2000 по 2005 годы: ГОСТ Р 51657.0-2000, ГОСТ Р 51657.1-2000, ГОСТ Р 51657.2-2000, ГОСТ Р 51657.3-2000, ГОСТ Р 51657.4-2002, ГОСТ Р 51657.5-2005.

Третий блок – система общетехнической нормативной базы составляет порядка 169-ти документов (рисунок 3). Основополагающими в данном блоке документами, отражающими мелиоративный отраслевой комплекс, являются:

- СНиП 3.07.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» – регламентирует нормы и правила, распространяющиеся на проектирование вновь строящихся и реконструируемых мелиоративных систем и сооружений;

- СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» – регламентирует нормы и правила, распространяющиеся на строительство новых и реконструкцию действующих мелиоративных систем и сооружений;

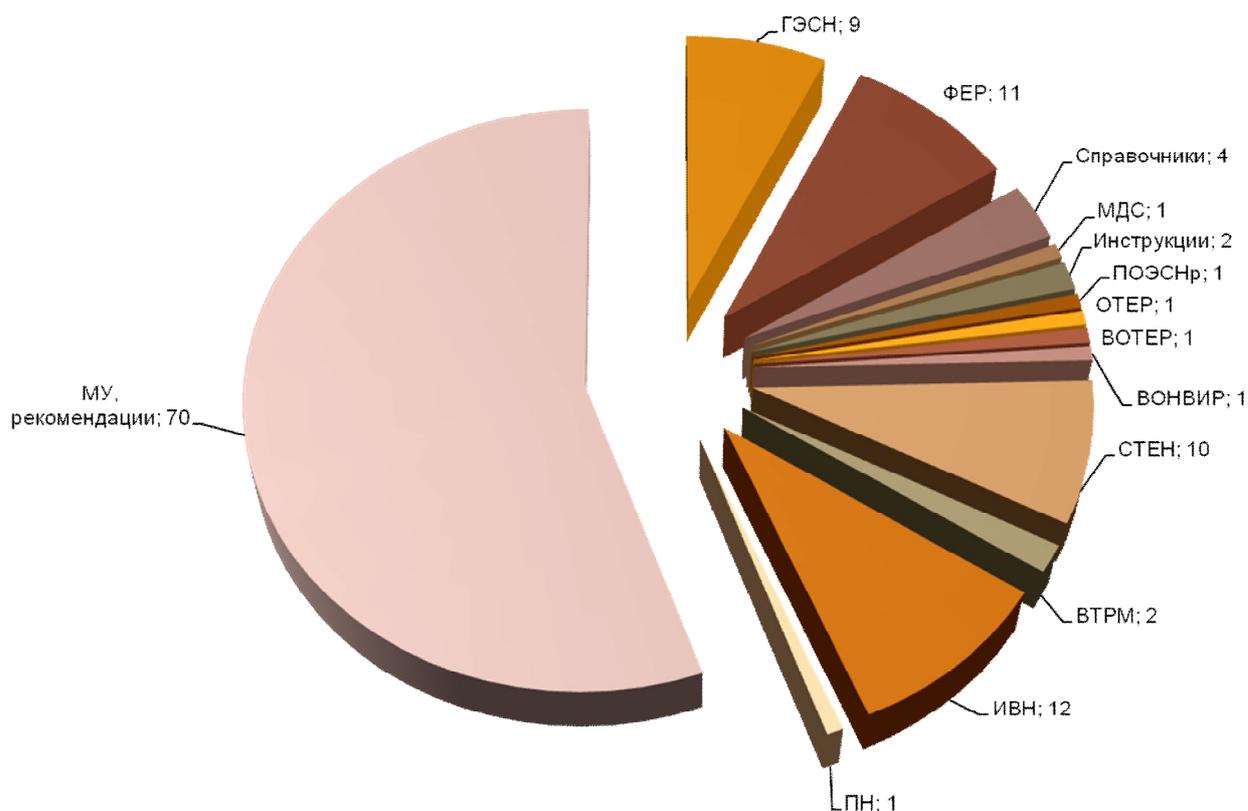
- СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Общие положения».



**Рис. 3. Блок 3 «Система общетехнической нормативной базы»**

Четвертый блок включает систему организационно-методической нормативной базы (специальные технические условия для особо сложных и уникальных объектов, организационно-технические и методические документы рекомендательного характера), представленную 126-ю

нормативными документами, имеющими силу рекомендательного характера (рисунок 4).



**Рис. 4. Блок 4 «Система организационно-методической нормативной базы»**

В целом, существующая система нормативного обеспечения и стандартизации в мелиорации отличается преобладанием строительных норм и правил (СНиП) с сопутствующими нормативно-методическими документами (ведомственные строительные нормы (ВСН), пособие к СНиП, методические указания (МУ) и т.п.), на основе которых выполняются основные виды проектных и строительных работ. Вопросы эксплуатации мелиоративных объектов не отражаются в полном объеме, должным образом не регламентируются и не детализируются.

Так, 30 декабря 2009 г. был принят Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2].

Объектом технического регулирования в законе [2] являются здания и сооружения любого назначения, а также связанные со зданиями и с сооружениями процессы проектирования (включая изыска-

ния), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).

В целях настоящего закона [2] строительные нормы и правила, утвержденные до дня вступления в силу настоящего федерального закона, были признаны сводами правил.

В целях настоящего Федерального закона строительные нормы и правила, утвержденные до дня вступления в силу настоящего Федерального закона, были признаны сводами правил.

Распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1047-р был утвержден перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3]. К сожалению, в данный перечень не вошел ни один из специализированных нормативно-методических документов в области мелиорации. Таким образом, можно утверждать, что существенная часть используемых в мелиорации в настоящий момент отраслевых нормативно-методических документов оказалась вне правового поля.

Из сложившейся ситуации могут быть два пути выхода.

Первый – внести дополнения в «Перечень национальных стандартов и сводов правил» и включить в него все необходимые для отрасли национальные стандарты и СНИП. Но данный вариант решения не является оптимальным, так как имеющиеся документы разрабатывались более двадцати лет назад и не отвечают современным техническим и экологическим требованиям, предъявляемым при строительстве и эксплуатации мелиоративных систем и сооружений.

Лучшим выходом, на наш взгляд, была бы разработка технического регламента в области мелиорации и дальнейшая разработка комплекса документов в области стандартизации обеспечивающих выполнение требований данного технического регламента.

Поскольку технический регламент предъявляет обязательные требования к продукции и к связанным с требованиями к продукции процессам, то основным вопросом обоснования необходимости разработки отраслевого технического регламента является определение продукции производимой при проведении мелиорации и других объектов технического регулирования в мелиорации.

Ответ на этот вопрос вытекает из определения мелиорации, приведенного в Федеральном законе от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель», мелиорация земель – коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противозерозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и других мелиоративных мероприятий [4].

Исходя из этого определения, результатом деятельности при проведении мелиорации земель, представленном в материально-вещественной форме (ст. 2 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»), – продукцией, являются улучшенные (мелиорированные) земли, а также услуги по коренному улучшению (мелиорации) земель.

Таким образом, объектами технического регулирования в предполагаемом техническом регламенте «О безопасности мелиорации земель» являются мелиорированные земли (в том числе входящие в их состав сети и инженерно-технические объекты мелиоративного назначения), а также связанные с проведением мелиорации земель процессы проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).

Технический регламент в области мелиорации должен устанавливать минимально необходимые требования к мелиорированным землям (в том числе к входящим в их состав сетям инженерно-техническим объектам мелиоративного назначения), а также связанным с проведением мелиорации процессам проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса), в том числе, требования: механической безопасности; биологической безопасности; химической безопасности; безопасности при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях; обеспечения при проведении мелиорации земель безопасных для здоровья человека условий проживания в непосредственной близости от мелиорированных земель; безопасных для жизни или здоровья животных и растений условий проведения мелиорации земель; безопасности для пользователей мелиорированных земель; энергетической эффективности при проведении мелиорации земель; безопасного уровня воздействия мелиорации земель на окружающую среду.

На основании вышесказанного, считаем возможным разработать и утвердить технический регламент «О безопасности мелиорации земель».

В заключение хотелось бы отметить следующее:

1. Анализ имеющейся научно-технической информации о состоянии нормативно-методического обеспечения в области мелиорации и эксплуатации мелиоративных систем выявил, что одним из основных недостатков комплекса НТД является: отсутствие системности и системообразующих стандартов, которые должны устанавливать требования к определению, назначению, структуре, границам, принципам построения и развития создаваемого комплекса нормативно-методической документации в системе национальной стандартизации мелиоративного комплекса; малое количество основополагающих, системно законченных документов, и, вместе с этим, большое количество документов и дополнений к ним, не несущих нормативной информации, что создает определенные трудности при работе с ними.

2. Основой национальной системы стандартизации мелиоративного комплекса должны стать отраслевой технический регламент и группы национальных стандартов, объединенных по видам деятельности – проектирование, строительство, эксплуатация, прочие виды деятельности в мелиоративном комплексе. Реализация таких подходов должна обеспечить создание гармоничной системы национальной стандартизации в области мелиорации, что станет стимулом повышения эффективности работы всей отрасли в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

2 Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

3 Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1047-р «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

4 Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель».

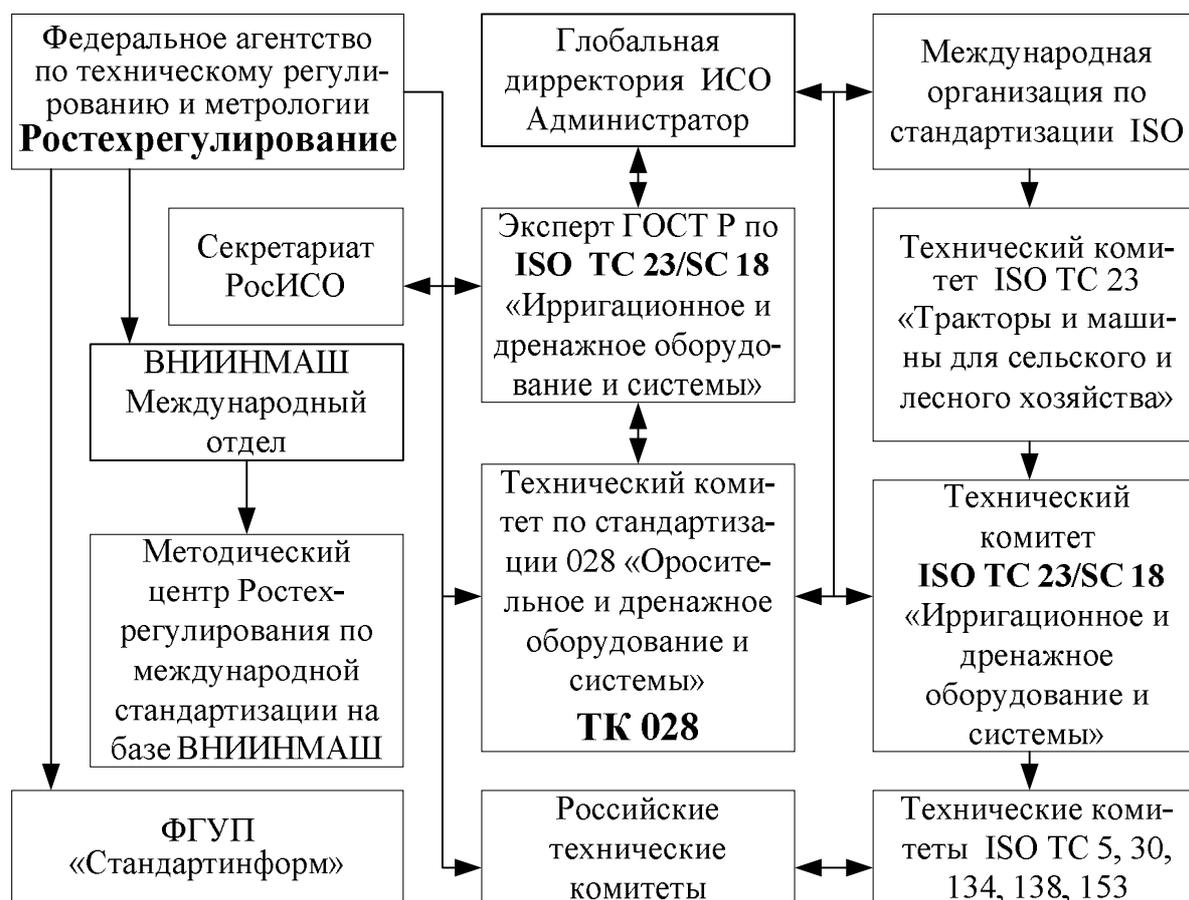
## **ПУТИ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С TC/SC ISO**

На сегодняшний день в ведущих странах мира сформировался единый взгляд на стандартизацию как на наиболее эффективный инструмент проведения в жизнь государственной политики в области экологии, энергосбережения и рационального использования природных ресурсов. В связи с проводимой реформой технического регулирования, которая коснулась и мелиоративного комплекса, целью которой является повышение экологической безопасности продукции, особую актуальность приобрели вопросы стандартизации и создание на ее основе общей нормативной базы для практической реализации различных школ и концепций в области мелиорации и гармонизации системы стандартов с международными стандартами.

Сегодня Россия имеет статус наблюдателя почти во всех технических комитетах международной организации по стандартизации ISO и вносит существенный вклад в деятельность этой организации. Сейчас в ИСО входит 159 национальных организаций по стандартизации. Россию в ИСО представляет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование). В 2010 г. главой Международной организации по стандартизации (ИСО) избран представитель России Борис Алешин, доктор технических наук, член-корреспондент РАН. В 2001-2003 годах Борис Алешин возглавлял Государственный комитет России по стандартизации и метрологии, предшественник Ростехрегулирования. Срок полномочий – с начала 2011 года до конца 2012 года. В 2010 году Б. Алешин именуется «избранным президентом» ИСО. В настоящее время Алешин возглавляет Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ) [1]. В этот период работы российского представителя в аппарате управления ИСО целесообразно максимально информировать секретариат РосИСО о проблемах взаимодействия с техническим комитетом (ПК) или подкомитетом (ПК) ИСО.

Секретариат РосИСО осуществляет свою деятельность в одной из структур системы национального органа по стандартизации и дей-

ствуется на базе ВНИИНМАШ (Всероссийский НИИ стандартизации и сертификации в машиностроении). Секретариат РосИСО участвует в разработке международных стандартов через российских экспертов, включенных в международные рабочие группы, посредством Глобальной дирекции ИСО, а также через российские ТК по стандартизации. Вопросами разработки стандартов по мелиорации в части оросительного и дренажного оборудования и систем в международной организации по стандартизации ИСО занимается ТК 23/SC 18 ISO «Ирригационное и дренажное оборудование и системы. Взаимодействие ТК 028 РосНИИПМ «Оросительное и дренажное оборудование и системы» российского «зеркального» подкомитета-члена ИСО ТК 23/SC 18 осуществляется согласно иерархического построения организаций, комитетов ИСО и организаций, курирующих вопросы национальной стандартизации (рисунок 1).



**Рис. 1. Схема организации работы эксперта ГОСТ Р в ИСО/ТК 23/ПК 18 «Ирригационное и дренажное оборудование и системы»**

Эксперта в пассивном статусе Секретариат РосИСО информирует о начале голосования по проектам новых редакций международных стандартов на этапе «DIS – проект международного стандарта», а именно: ISO DIS и осуществляет контроль исполнения обязательств. Регистрация специалиста в Глобальной директории ИСО для работы в качестве эксперта ГОСТ Р в закрепленном техническом подкомитете TC 23/SC 18 Международной организации по стандартизации позволяет принимать участие в работе подкомитета на стадии обсуждения проектов разрабатываемых международных стандартов ИСО ТК 23/SC 18 и рассматривать возможности использования их в дальнейшем в национальной стандартизации.

Экспертом ГОСТ Р в TC 23/SC 18 зарегистрирован директор ФГНУ «РосНИИПМ», председатель российского технического комитета 028, академик РАСХН Щедрин В. Н. Взаимодействие с секретариатом подкомитета ИСО осуществляет администратор глобальной директории, который является также экспертом ГОСТ Р в ТК 23 (таблица 1). Эксперт, основываясь на решении ТК, может внести предложение в Секретариат РосИСО о закреплении работы по новому направлению международной стандартизации за ТК со сходным профилем деятельности или о создании зеркального ПК, ТК (при отсутствии такого). При этом должно быть учтено, насколько создание нового ТК отвечает национальным интересам России. Секретариат РосИСО может включать экспертов в рабочую группу технического комитета ТК или подкомитета ПК, но включение экспертов в рабочую группу даже в пассивном статусе ведет к обязательному изменению позиции эксперта ГОСТ Р на активный статус, а это ведет, в свою очередь, к дополнительным обязательствам связанным с дополнительными финансовыми затратами на организацию заседаний, выезд эксперта на заседания подкомитета ИСО и т.д.

Таблица 1

**Эксперты ГОСТ Р в ИСО TC 23/SC 18  
«Ирригационное и дренажное оборудование и системы»**

Вид деятельности	Эксперты ГОСТ Р в 23/SC 18
Администратор Глобальной директории ТК 23	<u>Dryuk</u> Elena Ms @ GOST R Experts (GOST R / Russian Federation)
Эксперт ГОСТ Р TC 23/SC 18	Chereyskiy Evgeniy Mr @ GOST R Experts (GOST R / Russian Federation)
Эксперт ГОСТ Р TC 23/SC 18	Shchedrin Vjacheslav Mr. @ GOST R Experts (GOST R / Russian Federation)

К основным информационным сайтам по международной стандартизации в области мелиорации, ирригации и дренажа следует отнести официальный сайт ИСО ТК 23/ПК 18, сайт секретариата ТК 23/ПК 18. Сайты на английском языке и поддержка по переводу стандартов осуществляется ФГУП «Стандартинформ».

В настоящее время членами ТК 23/ПК 18 являются 32 страны, из них 12 активных членов (P-member) и 20 – наблюдателей (O-member). Активными членами подкомитета являются такие страны, как США, Китай, Индия, Канада, Италия, Германия и другие; Россия зарегистрирована в качестве наблюдателя (O-member) [2].

В подкомитете SC 18 «Ирригационное и дренажное оборудование и системы» технического комитета ТС 23 ИСО созданы и действуют шесть специальных групп, среди которых имеются группы по лабораторному испытанию оборудования в ирригационных целях, по установлению оборудования для орошения под давлением, разбрызгивателям, микроорошению и тестовым процедурам, гармонизации стандартов и спецификациям ирригационного оборудования (таблица 2).

Таблица 2

**Рабочие группы подкомитета ТС 23/SC 18  
«Ирригационное и дренажное оборудование и системы»**

Подкомитет / Рабочая группа	Название	Национальный орган по стандартизации	
ТС 23/SC 18/WG1	Установление оборудования для орошения под давлением	SCC	Совет по стандартизации Канады
ТС 23/SC 18/WG3	Разбрызгиватели	FNSI	Американский национальный институт стандартизации
ТС 23/SC 18/WG4	Лабораторное испытание оборудования в ирригационных целях	SCC	Совет по стандартизации Канады
ТС 23/SC 18/WG5	Микроорошение. Тестовые процедуры	AFNOR	Французская ассоциация по стандартизации
ТС 23/SC 18/WG6	Гармонизация	AFNOR	Французская ассоциация по стандартизации
ТС 23/SC 18/WG7	Клапаны	SII	Институт по стандартизации Израиля

Разработку проектов международных стандартов в рабочих группах проводят эксперты стран, входящих в подкомитет, а возглав-

ляют работу секретариаты, возглавляющие это направление. Секретариаты рабочих групп действуют на базе институтов по стандартизации стран-членов подкомитета. Это Канада в 1 и 4 группах, США в 3 группе, Израиль в 7 группе, Франция 5 и 6 группах.

В 2010 году экспертами рабочих групп разрабатывались проекты стандартов 3 рабочей группой, которую возглавляет США, в части ирригационного сельскохозяйственного оборудования: определение терминов и классификации, описания методов распределения и испытания. 4 группа, возглавляемая Канадой, разрабатывала испытательное оборудование для сельскохозяйственного ирригационного оборудования.

В настоящее время в комитете ТК 23/SC 18 разработан 31 международный стандарт. Все эти стандарты касаются оборудования для орошения, дождевальных и оросительных установок и электрооборудования для них, машин оросительных передвижных, насосов.

Анализ стандартов ИСО, проведенный специалистами РосНИИПМ, и их сравнительная оценка по классификаторам стандартов показывает, что нет стандартов по эксплуатации мелиоративных систем, нет стандартов в разделе гидротехнические сооружения, – соответственно требуется разработка новых документов, поэтому актуален вопрос организации рабочих групп по этим направлениям или новых тем для профильной рабочей группы.

Каждый стандарт требует специфических процедур и подготовленных экспертов. РосНИИПМ может зарегистрировать экспертов в пассивном статусе по всем направлениям действующих рабочих групп, представленных в ТК 23/ПК 18 с целью компетентной оценки проектов международных стандартов, но при наличии у ТК только активного статуса полноправного члена ИСО.

При условии наличия у России статуса полноправного члена российские эксперты могут включаться в:

- совместные рабочие группы. Совместная группа создается в тех случаях, когда необходимо выполнить задачу, в которой заинтересованы более одного комитета;
- группы поддержки. Группа создается с целью мониторинга какого-либо стандарта или серии стандартов;

- группы по разработке проектов. Группы создаются на стадии подготовки проекта и разрабатывается проект, который может быть предложен в виде новой темы;

- возможны также специальные рабочие группы, целевые рабочие группы [3].

При создании новой рабочей группы (регистрацией занимается техническое руководство ИСО) назначается председатель рабочей группы в России, который в течение 3 месяцев обязан организовать 1 заседание рабочей группы. В этом случае, эксперт, включенный в состав рабочей группы, самостоятельно ведет переписку по всем вопросам в компетенции этой группы и отправляет необходимые документы и т.д. Командировки экспертов в активном статусе на заседания, которые организуются в странах-членах подкомитета, становятся обязательными, поэтому организация работы экспертов в активном статусе и организация деятельности рабочих групп требует достаточных финансовых вложений. Внедрять систему ИСО в кризис сложно, но заложить новый фундамент, чтобы по окончании кризиса суметь обеспечить новые возможности, т.к. в новом 21 веке большие изменения к методам и подходам в управлении, объем информации растет очень быстро и активное участие в разработке стандартов ИСО, в настоящее время, это показатель высокого уровня организации.

Пути развития национальной стандартизации в области мелиорации с учетом взаимодействия с ТК 23/SC 18 ISO по созданию общей нормативной базы для практической реализации различных школ и концепций в области мелиорации предполагают:

- организация работы по выполнению задач по обязательствам, связанным с членством в ИСО в пассивном статусе, контролю соблюдения сроков представления позиции по проектам стандартов;

- организация проведения работ по продвижению национальных стандартов в качестве международных и межгосударственных, и в этом случае необходима финансовая поддержка российских ТК по стандартизации с целью осуществления деятельности по организации работы по взаимодействию с ТК ИСО, для подготовки и проведению заседаний рабочих групп, технических комитетов и организации аутентичных переводов документов и стандартов;

- создание рабочей группы для перевода стандартов на русский язык и организации аутентичного переводов;

- систематическое изучение мелиоративного комплекса, с точки зрения его потребностей в международных стандартах и ведение базы данных по международным стандартам и другим документам ИСО;

- вопросы по разработке и рассмотрению международных стандартов можно решать являясь активным членом ИСО/ТК и рабочих групп, для чего необходимо осуществить регистрацию как активного члена эксперта ГОСТ Р, представителя ТК 028 «Оросительное и дренажное оборудование и системы» и осуществлять соответствующее финансирование этого направления, что позволит ввести специалистов-экспертов в рабочие группы подкомитета ТК/ПК ИСО.

## ЛИТЕРАТУРА

1 <http://www.technonormativ.ru>.

2 <http://www.iso.org>.

3 ПР 50.1.008-2009 Организация и проведение работ по международной стандартизации в РФ. – М.: Стандартиформ, 2009. – 74 с.

УДК 626/627.000.34:626.823.004

**С. Л. Жук, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов**  
(ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **ПРАВОВОЕ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ И СООРУЖЕНИЙ НА СЕТИ**

За годы реформ площадь орошаемых земель в России сократилась на 42 %, при этом резко ухудшилось состояние мелиоративных систем. Особенно пострадала сложная сеть мелиоративных каналов и сооружений на сети.

По данным Мелиоративного Кадастра, общее количество гидротехнических сооружений (ГТС) на мелиоративных системах составляет 1 млн 918 тыс. шт., в том числе на Госсистемах – 282 тыс. шт., из них в федеральной собственности – 58,25 тыс. шт., в собственности субъектов Федерации – 224,42 тыс. шт., в муниципальной и собственности юридических и физических лиц – 1 млн 635,4 тыс. шт.

В ведении Минсельхоза России находятся 29018 км каналов оросительных систем и 13720 км каналов осушительных систем, из них число крупных магистральных каналов: с расходом свыше

100 м<sup>3</sup>/с – 7 каналов суммарной протяженностью 758 км; 7 каналов – с расходом 50-100 м<sup>3</sup>/с суммарной протяженностью 580 км; с расходом 20-50 м<sup>3</sup>/с – 13 каналов суммарной протяженностью 2284 км; с расходом 10-20 м<sup>3</sup>/с – 315 каналов суммарной протяженностью 1600 км.

Ввиду длительного срока работы, многие из ГТС мелиоративного назначения требуют реконструкции, ремонта или модернизации. По предварительным оценкам, общее количество таких гидротехнических сооружений составляет более 50 %. К настоящему времени срок эксплуатации большинства мелиоративных каналов составляет от 30 до 50 лет, который является предельным для такого класса сооружений. Такое неудовлетворительное техническое состояние ГТС является следствием недостаточного финансирования проведения капитальных и текущих ремонтов, и неуккомплектованностью штатов эксплуатационных организаций специалистами.

Для дальнейшего рассмотрения данного вопроса дадим следующие определения:

1. Мелиоративный канал – искусственный открытый водовод, устраиваемый для мелиорации земель.

2. Сооружения на сети – гидротехнические сооружения на мелиоративной сети, предназначенные для регулирования подачи или отвода воды, обеспечения требуемых режимов, защиты водоводов, внутрисистемных резервуаров от заиления, размывов и пр., а также для предотвращения ущерба инфраструктуре и природной среде территорий, прилегающих к мелиоративным объектам.

Произведенный анализ и сортировка в области правового обеспечения по возможности применения их к мелиоративным каналам и сооружениям на сети показал, что в настоящее время к сфере безопасной эксплуатации мелиоративных объектов, в частности мелиоративных каналов и сооружений на сети, можно отнести следующие действующие нормы законодательства:

- № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [1];

- № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2];

- № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [3].

Согласно федеральному закону [1], обязательным является декларирование безопасности гидротехнических сооружений, аварии которых могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, при их проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, выводе из эксплуатации, а также, после реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации.

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, а в частности, мелиоративных каналов и сооружений на сети, осуществляется на основании выполнения следующих общих требований, установленных в ст. 8 закона [1]:

- обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений;

- представление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;

- государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений;

- осуществление мер по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, в том числе установление критериев их безопасности, оснащение гидротехнических сооружений техническими средствами в целях постоянного контроля над их состоянием, обеспечение необходимой квалификацией работников, обслуживающих гидротехническое сооружение;

- необходимость заблаговременного проведения комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях;

- ответственность за действие (бездействие), которые повлекли за собой снижение безопасности гидротехнического сооружения ниже допустимого уровня.

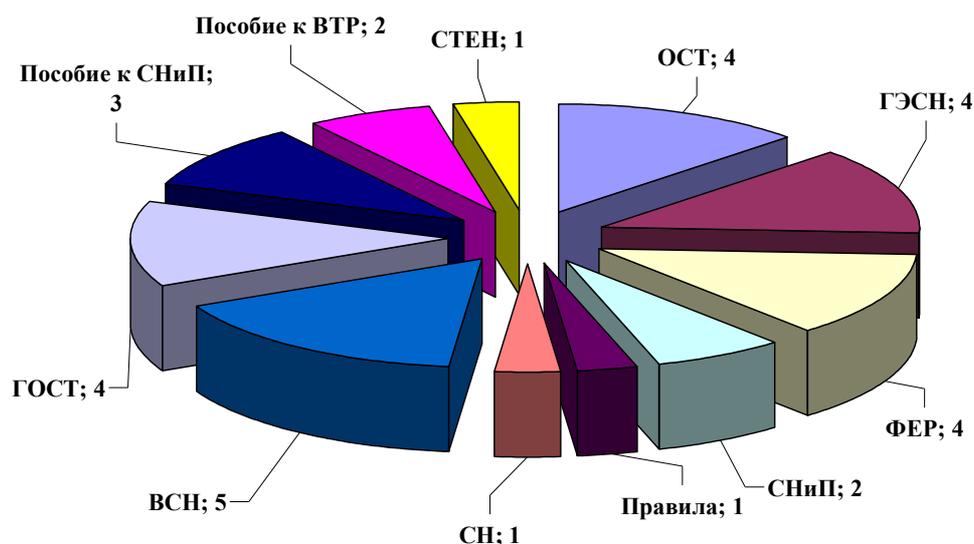
Так, федеральным законом [2] устанавливаются минимально необходимые требования к обеспечению безопасности в процессе эксплуатации.

Согласно закону [3], при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети должны соблюдаться требования в области охраны окружающей среды, проводиться мероприятия по охране земель, почв, водных объектов, растений, живот-

ных и других организмов от негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную окружающую среду.

Необходимо отметить, что в ст. 48.1 Градостроительного кодекса РФ к особо опасным и технически сложным объектам относят, в том числе, и гидротехнические сооружения первого и второго классов, устанавливаемые в соответствии с законодательством о безопасности гидротехнических сооружений. Однако большинство мелиоративных каналов и сооружений на сети относятся к III и IV классам, для которых критерии безопасности не установлены и декларации безопасности не разработаны. Положение усугубляется нехваткой контрольно-измерительной аппаратуры, уменьшением натурных обследований, а также продолжающимся сокращением квалифицированных специалистов, что не позволяет проводить мониторинг показателей состояния ГТС, разработку и уточнение критериев безопасности.

Произведенный анализ и сортировка в области нормативно-технической документации, согласно «Перечню действующих ведомственных нормативно-технических документов в области мелиорации и сельхозводоснабжения» [4], по возможности применения их при эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети показывает следующее (рисунок 1), что главным образом документы носят общий характер и регулируют понимание между специалистами на стадии проектирования и строительства.



**Рис. 1. Наличие нормативно-технических документов в области проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети**

Регулирование каких-либо требований в сфере эксплуатации очень незначительно и в основном касается сооружений 1 и 2 класса, а для сооружений 3 и 4 класса к которым в основном относятся мелиоративные каналы и сооружения на сети – практически отсутствует.

Следовательно, можно сказать, что эксплуатационным организациям на сегодняшний день фактически нечем руководствоваться для проведения работ по эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети, что в свою очередь порождает конфликтные ситуации с государственными органами контроля (надзора) и негативно сказывается на техническом состоянии, в частности мелиоративных каналов и сооружений на сети.

В связи с этим в «ФГНУ РосНИИПМ» был разработан проект свода правил «Мелиоративные системы и сооружения. Эксплуатация. Правила эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети».

Настоящий свод правил определяет область применения, дает понятие терминов с соответствующими определениями используемых в документе, содержит основные положения, определяющие на стадии эксплуатации задачи мелиоративных каналов и сооружений на сети; этапы эксплуатации, включающие в себя применение, поддержку и управление ими, определяет необходимое наличие ресурсов для эффективного функционирования и улучшения этапов эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети, наличие и состав необходимой технической документации, а также положения об охране труда и противопожарной защите сооружений, экологической безопасности при эксплуатации.

Согласно вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

1. За годы реформ площадь орошаемых земель в России сократились на 42 %, при этом резко ухудшилось мелиоративных каналов и сооружений на сети. Неудовлетворительное техническое состояние ГТС является следствием низкого обеспечения эксплуатационных организаций правовой и нормативно-технической документацией, недостаточного финансирования ремонтных работ, неукomплектованности штатов эксплуатационных организаций специалистами.

2. Проведенный анализ правового обеспечения в сфере безопасной эксплуатации мелиоративных каналов и сооружений на сети показывает, что действующее законодательство Российской Федерации

не затрагивает специфические условия производственных процессов, содержания и ремонта мелиоративных каналов и сооружений на сети.

3. Разработка национальных стандартов, сводов правил и стандартов организаций с учетом современных требований позволит производить мелиоративную деятельность без нарушения действующего законодательства Российской Федерации.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».

2 Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

3 Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

4 Перечень действующих ведомственных нормативно-технических документов в области мелиорации и сельхозводоснабжения (по состоянию на 01.09.2009 г.) / ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – М., 2009. – 127 с.

УДК 626.82:626.86:658.5:631.15/.16

**О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, В. В. Слабунов, С. Л. Жук**  
(ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

Переходный период радикальной экономической реформы протекает в условиях борьбы между старыми и новыми формами управления, между административными и экономическими методами. Формирование хозяйственной системы нового типа, в основе которой лежит предпринимательская деятельность и использование современных методов государственного регулирования, происходит в нелегких условиях, в связи со сказывающейся недостаточностью правовой базы.

При Советском Союзе существовал единый мелиоративный комплекс, объединявший в себя органы исполнительной власти, научные, изыскательские, проектные, строительные и эксплуатационные организации. Ввиду преобразований и снижения объемов мелио-

ративного строительства, произошел разрыв хозяйственных связей между организациями одного ведомства, что впоследствии сказалось также на их сокращении или переходе в смежные отрасли.

На сегодняшний день происходит осознание государством необходимости отказа от существующих закупочных объемов импортной сельскохозяйственной продукции за счет наращивания собственных, что подтверждается Указом Президента РФ от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».

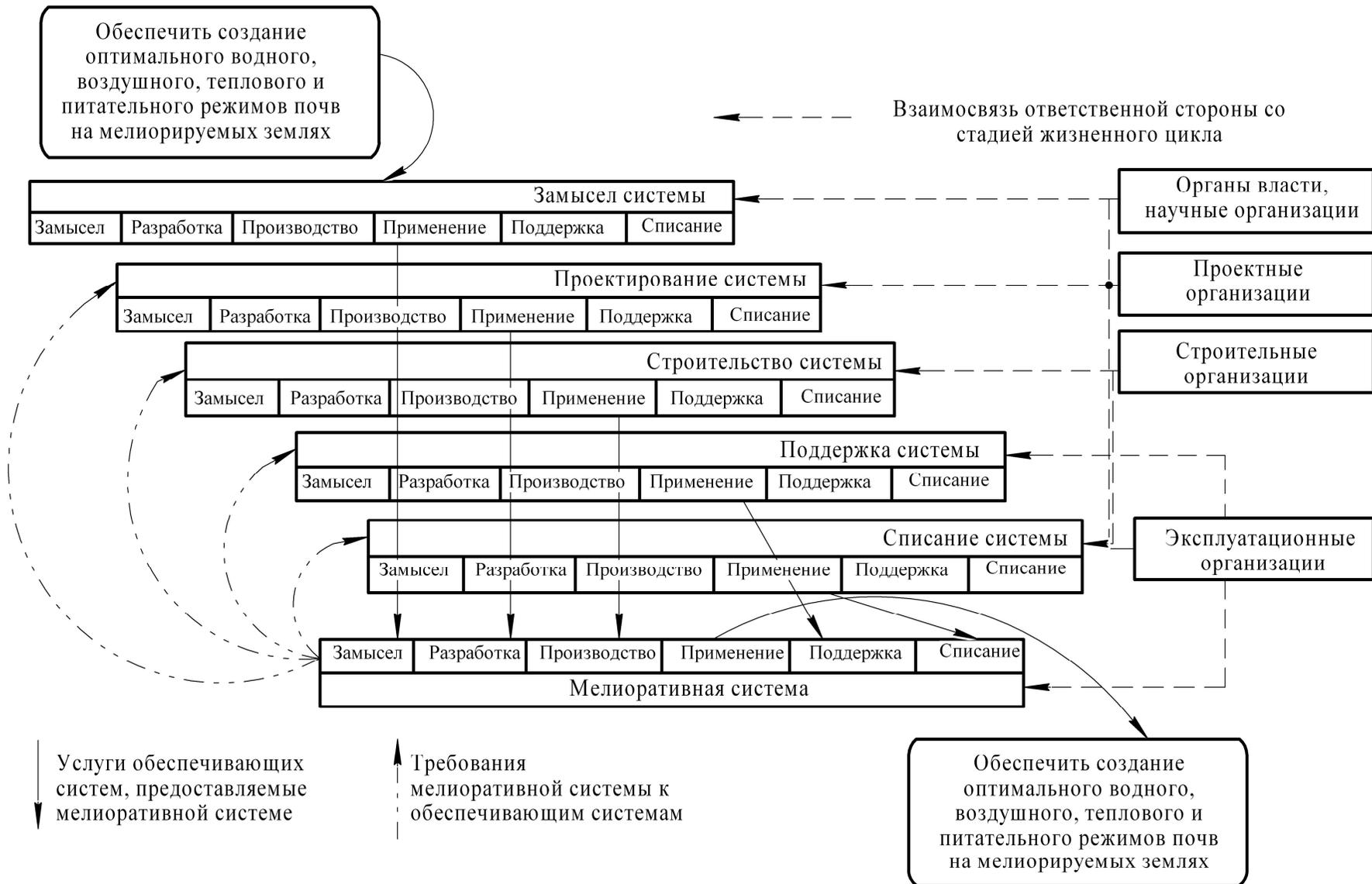
Увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции, возможно только при переходе на новые интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, что не обойдется без восстановления старых и строительства новых мелиоративных систем.

В условиях перехода к новым экономическим подходам, широкомасштабной приватизации собственности в России и использованию различных ее форм, весьма актуальна задача определения роли и функций при взаимодействии организаций различных специализаций при осуществлении крупных проектов, к числу которых относятся обеспечение оптимального водного, воздушного, теплового и питательного режимов на землях сельскохозяйственного назначения с применением мелиоративных систем.

Для реализации цели мелиоративной системы нами произведен поиск и анализ литературных источников на предмет возможности полного функционального описания, детального расчленения и рассмотрения составных элементов системы. Наиболее предпочтительными, на наш взгляд, являются работы по жизненному циклу систем, принципы, рассматриваемые в системах экологического менеджмента и менеджмента качества. Так, опираясь на подходы представленных в «ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем», нами разработана модель (рисунок 1) взаимодействия государственных мелиоративных систем с обеспечивающими системами, где в качестве обеспечивающих систем выступают организации различных специализаций.

Рассматривая модель взаимодействия, необходимо дать следующие пояснения.

Замысел системы осуществляется группой представителей органов власти, научных и проектных организаций.



**Рис. 1. Взаимодействие мелиоративной системы с обеспечивающими системами**

Разработка системы, т.е. ее проектирование, осуществляется проектными организациями с учетом требований мелиоративной системы, заложенным при замысле системы. Стадия разработки осуществляется с целью создания мелиоративной системы, которая удовлетворяет требованиям заинтересованных сторон и может быть создана, испытана, оценена, применена по назначению, поддержана при применении и списана.

Производство системы, т.е. ее строительство, оснащение и монтаж необходимого оборудования, осуществляется строительными организациями с учетом требований мелиоративной системы, заложенным при замысле и разработке системы. Цель стадии производства состоит в производстве, испытании мелиоративной системы и передаче для применения и поддержания. Применение системы, т.е. часть ее эксплуатации, осуществляется эксплуатационными организациями с целью использования мелиоративной системы по назначению, предоставлять услуги в заданных условиях функционирования и гарантировать продолжительную результативность. Например, на оросительных системах стадия применения заключается в распределении необходимого количества воды между водопользователями в указанные сроки (водораспределение).

Поддержка системы, т.е. часть ее эксплуатации, осуществляется эксплуатационными организациями с учетом требований мелиоративной системы, заложенным при замысле системы. Целью стадии поддержки является осуществление материально-технического снабжения, технического обслуживания и текущего ремонта, которые обеспечивают непрерывное функционирование мелиоративной системы и устойчивое предоставление услуг, поддерживающих ее применение.

Применение и поддержка системы входят в прямые обязанности эксплуатирующих мелиоративную систему организаций.

Стадия списания включает процессы, которые относятся к функционированию списываемой системы, а также включает мониторинг ее рабочих характеристик, определение, классификацию и составление отчетов об аномалиях, дефектах и отказах списываемой системы. Действия, предпринимаемые в результате обнаружения проблем, включают обслуживание и незначительные модификации списываемой системы (относятся к стадии поддержки и осуществля-

ются эксплуатационными организациями), значительные модификации списываемой системы (относятся к стадии разработки и производства и осуществляются проектными и строительными организациями), списание системы по причине окончания срока жизни (относится к данной стадии и осуществляется строительными и/или эксплуатационными организациями в зависимости от объемов работ в соответствии с документацией, произведенной на стадии разработки проектными организациями).

На каждой из стадий жизненного цикла перед организациями ставятся цели (таблица 1), обеспечивающие успешное проведение проекта, схема решений которых может развиваться по следующим вариантам:

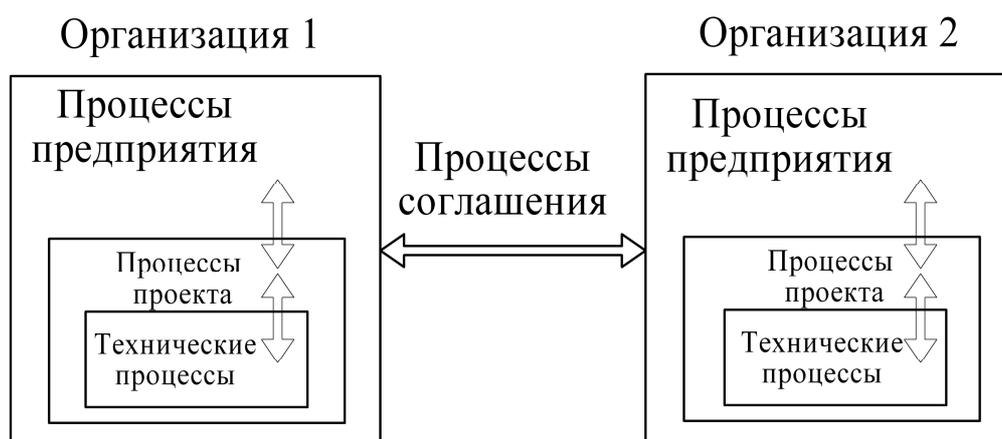
- выполнить следующую стадию;
- продолжить данную стадию;
- вернуться к предыдущей стадии;
- приостановить проект;
- завершить проект.

Таблица 1

**Цели организаций на стадиях жизненного цикла  
мелиоративных систем**

Стадия жизненного цикла	Цель	Профиль организаций
Замысел	Определить потребности правообладателей. Исследовать замыслы. Предложить жизнеспособные решения	Органы власти. Научные. Проектные
Проектирование	Уточнить требования к системе. Создать описание решений. Создать систему. Провести верификацию и валидацию системы	Изыскательские. Проектные
Строительство	Произвести систему. Проконтролировать и испытать	Строительные
Применение	Обеспечить применение системы для удовлетворения потребностей пользователей	Эксплуатационные
Поддержка применения	Обеспечить устойчивую реализацию возможностей системы	Эксплуатационные. Строительные
Перевод в категорию непригодных для применения (списание)	Хранение, утилизация или списание системы	Эксплуатационные. Строительные

Как видно по представленной таблице 1, взаимодействия между организациями происходят как на отдельных стадиях жизненного цикла мелиоративной системы, так и на переходах от одной стадии к другой. Различные организации и различные области ответственности внутри организации устанавливают между собой рабочие взаимоотношения и подтверждают свою ответственность путем заключения соглашений (рисунок 2). Впоследствии соглашения унифицируют и координируют вклады, сделанные различными областями ответственности организаций, с целью достижения общих бизнес-целей.



**Рис. 2. Процесс соглашения между организациями**

В рамках каждой организации – скоординированное множество процессов предприятия, проектных и технических процессов, что способствует эффективному созданию и использованию мелиоративных систем, содействуя, таким образом, достижению целей организаций, а при их взаимодействии и проекта в целом.

Процессы заключения соглашения складываются из особенностей организаций и выражается в принадлежности организации к производителям или потребителям систем. Например, одна организация может выступать в качестве приобретающей стороны, ставя задачу другой организации, выполняющей роль поставщика продуктов или услуг, что достигается путем соглашений между ними. Если приобретающая сторона и поставщик принадлежат одной организации, процессы заключения соглашений могут применяться с меньшими формальностями и в основном используются при распределении ответственности между персоналом или подразделениями, на уровне предприятия, проекта и технических функций.

Процессы предприятия связаны с гарантиями того, что потребности и ожидания заинтересованных сторон, взаимодействующих с организацией, будут удовлетворены и включают в себя:

- процесс управления средой предприятия;
- процесс управления инвестициями;
- процесс управления процессами жизненного цикла системы;
- процесс управления ресурсами;
- процесс управления качеством.

На сегодняшний момент документированные процессы предприятия, как доказательная база, используются при вступлении изыскательских, проектных и строительных организаций в саморегулируемые организации.

Для безусловного выполнения соглашений, заключенных организацией, разрабатываются и применяются процессы проекта, которые связаны с управлением ресурсами и активами, распределяемыми управленческим персоналом предприятия, и состоят из следующих процессов:

- процесс планирования проекта;
- процесс оценки проекта;
- процесс контроля проекта;
- процесс принятия решений;
- процесс управления рисками;
- процесс управления конфигурацией;
- процесс управления информацией.

Процессы проекта относятся к управлению проектами, в частности к планированию затрат, сроков выполнения и достижения результатов, к контролю мероприятий для гарантии того, что они соответствуют планам и техническим критериям. Результаты процессов проекта являются исходной информацией при определении и реализации корректирующих действий, устраняющих задержки в развитии и недостатках в достижениях, целей проекта.

Технические процессы используются для определения требований к мелиоративной системе, преобразования этих требований в эффективный продукт (т.е. производство самой системы), позволяющий использовать его для обеспечения требуемых услуг, в частности, подвод или отвод воды, поддерживать обеспечение этими услугами и

утилизировать систему, когда она целиком или частично списывается из обращения. Технические процессы включают в себя:

- процесс определения требований правообладателей;
- процесс анализа требований;
- процесс проектирования архитектуры;
- процесс реализации элементов системы;
- процесс комплексирования;
- процесс верификации;
- процесс передачи;
- процесс валидации;
- процесс функционирования;
- процесс технического обслуживания;
- процесс изъятия и списания.

В результате проведенных исследований определены стадии жизненного цикла мелиоративных систем, ответственные организации и их цели по стадиям, уточнены процессы взаимодействия организаций различных специализаций, что впоследствии может оказать влияние на обоснованный выбор рабочих моментов, при разработке документации в области стандартизации.

УДК 627.83.004

**А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, В. В. Слабунов, С. Л. Жук**  
(ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОЛОВНЫХ (ВОДОЗАБОРНЫХ) СООРУЖЕНИЙ**

Головное (водозаборное) сооружение – гидротехническое сооружение для забора воды в водовод из водного объекта. Головные (водозаборные) сооружения являются основной частью водохозяйственных систем, имеют весомую долю затрат при строительстве, а также эксплуатации, и обеспечивают надежную работу всех последующих сооружений и устройств. Надлежащая эксплуатация головных сооружений способствует уменьшению количества наносов, захватываемых потоком воды, что снижает износ насосного оборудования, а также эксплуатационных расходов на очистку мелиоративных каналов от наносов, тем самым обеспечивая эффективное использо-

вание материальных, трудовых и энергетических ресурсов, в целом, для всей водохозяйственной системы.

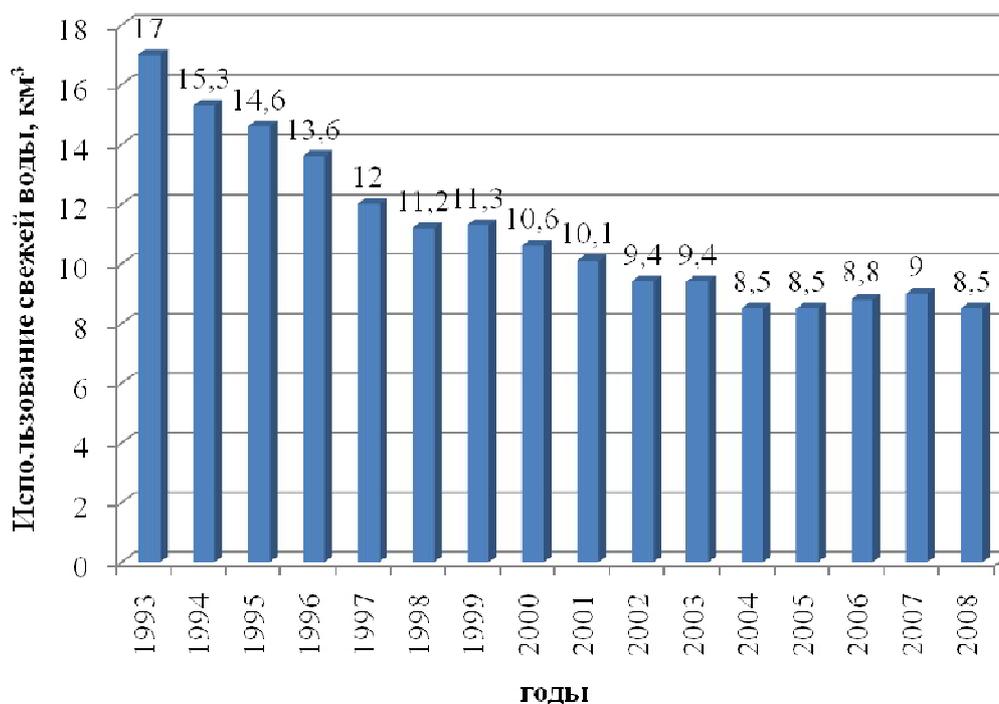
На сегодняшний день государственная политика в области технического регулирования предъявляет требования приведению нормативных правовых актов в области эксплуатации гидротехнических сооружений в соответствие с федеральным законом «О техническом регулировании». Деятельность в области эксплуатации, в частности, эксплуатации головных (водозаборных) сооружений, регулируется федеральными законами «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», «О безопасности гидротехнических сооружений» и «О мелиорации земель», однако документация в области стандартизации, в результате применения которой обеспечивается законодательство Российской Федерации (РФ), практически отсутствует. Ввиду сложившейся ситуации, имеется острая необходимость в разработке новой документации в области стандартизации, переработке норм и ведомственных инструкций в национальные стандарты и своды правил, внедрения принципов технического регулирования в деятельность организаций.

Министром сельского хозяйства РФ Еленой Скрынник на правительственном часе в Госдуме говорилось, что Россия до 2020 года увеличит площадь мелиорированных земель в два раза – до 18 млн га, из которых 10 млн га придется на орошаемые земли и 8 млн га – на осушенные, «что в совокупности составит около 15 % площади пашни» [1].

Указ Президента № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности РФ» ввел в действие Доктрину, объединившую в себе совокупность официальных взглядов на цели, задачи и основные направления государственной экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности РФ. Одним из основных направлений государственной экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности РФ, является реконструкция и строительство мелиоративных систем.

По данным Государственного Водного реестра, подача свежей воды на орошение, и сельскохозяйственное водоснабжение имеет снижение тенденции в разрезе лет (рисунок 1). В 2008 году головные сооружения мелиоративного назначения обеспечили подачу для сельскохозяйственных организаций 8,5 км<sup>3</sup> воды, что сопоставимо с годо-

вым потреблением на хозяйственно-питьевые нужды населения численностью более 100 млн человек. Масштабность решаемых задач головными (водозаборными) сооружениями ставит их в разряд значимых для экономики России и требует соответствующих подходов к таким сооружениям.



**Рис. 1. Использование свежей воды по Российской Федерации для целей орошения и сельскохозяйственного водоснабжения**

К 2020 году предстоит увеличить площади орошения, более чем в два раза, что потребует значительной реконструкции и увеличения количества головных водозаборных сооружений, а также развития документации в области стандартизации, обеспечивающей этапы проектирования, строительства и эксплуатации этих сооружений.

Федеральный закон «О техническом регулировании» внес изменения в состав нормативных документов по стандартизации, к числу которых теперь относятся: национальные стандарты Российской Федерации; международные (региональные) стандарты; правила, нормы и рекомендации по стандартизации; общероссийские классификаторы технико-экономической информации; своды правил; стандарты организаций. Основные принципы стандартизации этого закона следующие:

- добровольное применение стандартов;
- максимальный учет при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;

- применение международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, если такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям РФ, техническим и (или) технологическим особенностям или по иным основаниям, либо РФ в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения;

- недопустимость создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей, указанных в статье 11 настоящего федерального закона;

- недопустимость установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам;

- обеспечение условий для единообразного применения стандартов.

Существенную роль в техническом регулировании призваны сыграть национальные стандарты и своды правил. Так, в соответствии с указанным законом, применение на добровольной основе национальных стандартов и сводов правил является достаточным условием соблюдения требований соответствующих технических регламентов. В случае применения национальных стандартов и сводов правил при соблюдении технических регламентов, оценка соответствия требованиям технических регламентов может осуществляться на основании подтверждения их соответствия вышеупомянутым документам в области стандартизации.

30 декабря 2009 года Президентом Российской Федерации был подписан федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», объектом технического регулирования которого являются здания и сооружения любого назначения (в том числе входящие в их состав сети инженерно-технического обеспечения и системы инженерно-технического обеспечения), а также связанные со зданиями и сооружениями процессы проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).

Реформа технического регулирования касается всех видов деятельности, а в нашем случае – деятельности в сфере эксплуатации головных (водозаборных) сооружений. Так, в связи с изменением дей-

ствующего законодательства, возник временной разрыв с периодом разработки нормативно-методической документации для эксплуатации головных (водозаборных) сооружений, который оценивается более чем в десять лет, что говорит о неактуальности практически всего нормативно-методического обеспечения. Однако приобретенный с годами опыт в эксплуатации может лечь в основу разработки новой документации в области стандартизации.

Для разработки документа в области стандартизации по эксплуатации головных (водозаборных) сооружений нельзя было обойти вниманием международный опыт в области стандартизации. Международный опыт, применительно к эксплуатации головных (водозаборных) сооружений, нами изучался по информационным базам ФГУП «Стандартинформ». Также был произведен анализ присутствия приемлемых к использованию стандартов Международной организации по стандартизации (ИСО) и Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Поиск международных стандартов системы ИСО осуществлялся по следующим кодам МКС: 91.040.01 Строительные материалы и строительство; 77.140.75 Metallургия; 53.100 Подъемно-транспортное оборудование; 01.040.53 Общие положения. Терминология. Стандартизация. Документация; 01.100.30 Социология. Услуги. Организация фирм и управление ими. Администрация. Транспорт; 75.180.10 Добыча и переработка нефти, газа и смежные производства; 25.160.40 Машиностроение; 23.040.45 Гидравлические и пневматические системы и компоненты общего назначения; 83.140.30 Резиновая, резинотехническая, асбестотехническая и пластмассовая промышленность; 81.040.30 Стекольная и керамическая промышленность; 65.060.35 Сельское хозяйство; 3.060.45 Охрана окружающей среды, защита человека от воздействия окружающей среды. Безопасность; 93.030 Гражданское строительство. В международной организации по стандартизации (ИСО) и Международной электротехнической комиссии (МЭК) нет напрямую используемых стандартов по эксплуатации головных (водозаборных) сооружений. Все рассмотренные стандарты имели косвенное отношение к эксплуатации головных (водозаборных) сооружений, в связи с чем имеется необходимость разработки свода правил «Мелиоративные системы и сооружения. Эксплуатация. Правила эксплуатации головных (водозаборных) сооружений»

без учета необходимости гармонизации с международной документацией в области стандартизации.

К документам, используемым при эксплуатации головных (водозаборных) сооружений, можно отнести правила, методические указания, инструкции, руководства, пособия, нормативы, нормы. В результате сбора, анализа и обобщения НТД, на наш взгляд, особо полными документами, отражающими специфику эксплуатации головных сооружений, являются: «Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений», «ВСН 33-3.2.02-82. Типовая инструкция по технической эксплуатации речных плотинных водозаборов оросительных систем» и «Временное положение о проведении планово-предупредительного ремонта водохозяйственных систем и сооружений».

Анализируя вышесказанное, можно сделать следующие обобщающие выводы и предложения:

- задачей государства до 2020 года является расширение орошаемых площадей до 10 млн га, что потребует значительной реконструкции и увеличения количества головных водозаборных сооружений, а также развития законодательства и документации в области стандартизации, обеспечивающих этапы проектирования, строительства и эксплуатации этих сооружений;

- в результате реформы технического регулирования произошел отказ от старых принципов государственного нормирования, нормативы переходят на законодательный уровень, а процедуры исполнения нормативов – в документацию в области стандартизации;

- законодательство предусматривает проведение любых мелиоративных мероприятий, к числу которых относится эксплуатация головных (водозаборных) сооружений, в соответствии с документами в области стандартизации;

- в Международной организации по стандартизации (ИСО) и Международной электротехнической комиссии (МЭК) нет стандартов, напрямую используемых при эксплуатации головных (водозаборных) сооружений.

В связи с этим разработан проект свода правил, в котором приведен состав элементов головных (водозаборных) сооружений, а также представлены этапы эксплуатации и ресурсное обеспечение этапов применения и поддержки.

Этап применения головных (водозаборных) сооружений включает в себя: забор воды из водного объекта; эксплуатационный контроль технического состояния элементов головных (водозаборных) сооружений; руководство и управление этапом применения.

Этап поддержки головных (водозаборных) сооружений включает в себя: материально-техническое обеспечение эксплуатации головных (водозаборных) сооружений; обеспечение эксплуатационных режимов вне оросительного сезона и в аварийной ситуации; техническое обслуживание (уход) элементов головных (водозаборных) сооружений; производство ремонтов на элементах головных (водозаборных) сооружений; руководство и управление этапом поддержки. В проекте свода правил также представлена охрана труда обслуживающего персонала, охрана и противопожарная защита сооружений, экологическая безопасность при эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1 [www.interfax.ru](http://www.interfax.ru).

УДК 626.82:504(083.74)

**В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, С. Л. Жук**  
(ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

Основной спецификой мелиоративных систем является то, что, с одной стороны, они представляют собой природно-техногенные объекты, а с другой, при нерациональных режимах эксплуатации, становятся источниками ухудшения экологической обстановки в зоне их влияния. Это проявляется в деградации сельскохозяйственных угодий на мелиорируемых землях, ухудшении качества воды в водоемах, подтоплении и заболачивании земель в зоне влияния мелиоративных систем.

Вопрос экологической безопасности мелиоративных систем регламентируются следующими основными правовыми документами:

- № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [1];
- № 4-ФЗ «О мелиорации земель» [2];

- № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3].

Так, согласно ст. 43 федерального закона [1]: «При осуществлении мелиорации земель, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений должны приниматься меры по охране водных объектов, земель, почв, лесов и иной растительности, животных и других организмов, а также предупреждению другого негативного воздействия на окружающую среду при осуществлении мелиоративных мероприятий. Мелиорация земель не должна приводить к ухудшению состояния окружающей среды, нарушать устойчивое функционирование естественных экологических систем».

Также ст. 3 п. 4 и ст. 14 и ст. 32 федеральных законов [2] и [3], соответственно, устанавливаются требования безопасного уровня воздействия зданий и сооружений на окружающую среду и при проведении мелиоративных мероприятий на сельскохозяйственных землях.

Однако необходимо отметить, что в приведенных выше правовых документах устанавливаются минимальные требования без учета специфики работы мелиоративных систем.

В соответствии с законом № 184-ФЗ «О техническом регулировании», документом, устанавливающим обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования, является технический регламент. Технические регламенты призваны гарантировать безопасность продукции и безопасность связанных с требованиями к продукции процессов.

Таким образом, встает необходимость разработки «отраслевого» технического регламента в области мелиорации и дальнейшая разработка, комплекса документов в области стандартизации обеспечивающих выполнение требований данного технического регламента.

Так, объектами технического регулирования в предполагаемом для разработки техническом регламенте являются мелиорированные земли, (в том числе входящие в их состав сети и инженерно-технические объекты мелиоративного назначения), а также связанные с проведением мелиорации земель процессы проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).

Необходимо отметить, что вопросы экологической безопасности являются неотъемлемой частью данного «отраслевого» технического регламента, что отражено в ГОСТ Р 14.07-2005 «Экологический менеджмент. Руководство по включению аспектов безопасности окружающей среды в технические регламенты».

Дадим определение понятия «экологическая безопасность» в редакции № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»: экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

При определении экологической безопасности мелиоративных систем, имеем в виду установление лимитирующих с точки зрения экологии факторов и их предельных значений. Учитывая сложную взаимосвязь различных процессов, влияющих на состояние и динамику развития экосистем на мелиорируемых и прилегающих территориях, можно предположить, что состав лимитирующих факторов и их критические значения должны быть соотнесены к некоторым типовым объектам и территориям.

Рассмотрение понятия «экологической безопасности» применительно к мелиоративным системам должно быть на основе комплексной оценки, определенной с учетом:

- состояния экосистемы территории до осуществления мелиорации земель;
- изменений экологической обстановки в процессе работы мелиоративной системы;
- влияния на экологию региона природопользования, не связанного с мелиорацией земель (промышленность, коммунальное водоснабжение, рыбное хозяйство, транспорт);
- эффективности природоохранных мероприятий;
- опасности возникновения необратимых изменений экологических условий;
- предполагаемого использования территории после завершения проекта мелиорации земель;
- технологических, экономических, энергетических и социальных ресурсов, которые могут быть привлечены для предотвращения,

уменьшения и ликвидации неблагоприятных экологических последствий осуществления проекта мелиорации земель.

Усиление антропогенной нагрузки на мелиорируемые и прилегающие к ним территории, по сравнению с нагрузкой на богарные земли, определяется действием чрезвычайно большого числа факторов, основными из которых являются:

- дополнительная водоподача (водоотведение) и связанное с ней изменение как средних значений составляющих водного, солевого, теплового, радиационного балансов, так и статистических характеристик их распределения по территории и во времени;

- изменение режима поверхностных и подземных водоисточников, обусловленное водозабором и водоотведением, изменением условий стокообразования и эрозионных процессов;

- изменение продуктивности агро- и биоценозов;

- изменение системы земледелия;

- изменение требований к составу, объему и качеству сельскохозяйственной продукции;

- интенсификация использования водно-земельные ресурсов;

- воздействие на объект сооружений мелиоративной системы.

На наш взгляд, требования безопасности в разрабатываемом «отраслевом» техническом регламенте «О безопасности мелиорации земель» должны быть выражены в виде некоторого набора показателей (свойств и/или) параметров процесса и значений физических величин, характеризующих свойства). Одновременно должны быть описаны критерии выбора этих показателей (свойств и величин).

Показатели для оценки экологической безопасности, методы сбора и анализа информации, требования к детальности и формам представления результатов анализа существенно зависят от стадии, масштаба мелиоративного проекта, природных условий, предполагаемого использования мелиорируемых земель. Выбор показателей должен быть ориентирован на решение следующих задач:

- оценка экологического состояния действующих мелиоративных систем и прилегающих к ним территорий;

- классификация и районирование мелиорируемых территорий по оценке их экологического состояния, выявление экологически неблагоприятных систем;

- мониторинг экологически неблагоприятных изменений на мелиорируемых и прилегающих к ним территориях;
- разработка мероприятий по предотвращению развития неблагоприятных, экологически опасных процессов на прилегающих территориях (к числу таких мероприятий могут быть отнесены изменения параметров действующих мелиоративных систем путем их реконструкции и изменения режимов функционирования);
- проведение экологической и эколого-экономической экспертизы при обосновании создания и реконструкции мелиоративных систем;
- сопоставление альтернативных вариантов природопользования и выбор рационального варианта;
- совершенствование функционирования мелиоративной системы;
- предотвращение необратимых изменений экосистем;
- оперативное принятие решений при возникновении аварийных ситуаций на мелиоративных системах с возможным «экологическим поражением» территорий;
- создание нормативной базы для оценки экологической безопасности мелиоративных систем.

Общие требования к выбору показателей (параметров) и характеристик режимов работы мелиоративных систем и к методам их анализа сформулируем так:

- получение значений показателей по стандартной информации, имеющейся в проектных и эксплуатационных организациях;
- обеспечение репрезентативности информации для изучаемого объекта;
- возможность анализа динамики экологических процессов по выбранным показателям;
- использование современных и перспективных методов получения, сбора, обработки и хранения информации по выбранным показателям;
- возможность использования выбранных показателей в системах принятия решений по управлению мелиоративными системами;
- возможность построения комплексных оценок экологической обстановки по выбранным первичным показателям.

Так, для определения количественных показателей экологической безопасности в техническом регламенте «О безопасности мелиорации земель» необходимо определить основные параметры и режимы функционирования мелиоративной системы.

Основными параметрами мелиоративной системы, для которых должны быть сформулированы экологические требования, на наш взгляд, являются:

- характеристики оросительной и осушительной сети;
- КПД системы в целом и ее отдельных частей;
- допустимая глубина залегания грунтовых вод;
- размер мелиорируемых площадей;
- проектная урожайность;
- допустимые варианты размещения сельскохозяйственных культур;
- допустимое качество воды для оросительных и оборотных систем;
- наличие и характеристики регулирующих и аккумулирующих водоемов;
- наличие и производительность станций по очистке дренажных и сбросных вод;
- объем сбросных и дренажных вод, доступных для повторного использования;
- допустимые способы орошения и осушения на мелиорируемых землях;
- техническое состояние сооружений системы;
- мелиоративное состояние земель;
- средства водоучета;
- средства контроля качества воды;
- система принятия решений и управления при эксплуатации системы.

Основными характеристиками режимов функционирования мелиоративных систем, для которых должны быть сформулированы экологические требования, являются:

- водозабор в систему;
- объем сформированных в пределах системы сбросных и дренажных вод;

- объем воды, повторно используемой в мелиоративной системе, в том числе, на орошение и осушения;
- непроизводительные потери воды по системе в целом и на отдельных участках;
- водопотребление сельскохозяйственных культур;
- уровень грунтовых вод;
- объем и качество различных видов сельскохозяйственной продукции;
- затраты энергии на подачу и отведение воды, очистку дренажно-сбросных вод;
- выполнение требований к режимам;
- объем и качество подаваемой (отводимой) воды;
- экономические оценки эффективности использования водно-земельных ресурсов отдельными потребителями и системой в целом;
- оценки функционирования система в предаварийных и аварийных ситуациях.

Для достижения экологически обоснованных режимов должна быть усовершенствована вся система подготовки и принятия решений по планированию и управлению, приняты критерии оценки эффективности работы мелиоративных систем, стимулирующие проведение природоохранных мероприятий.

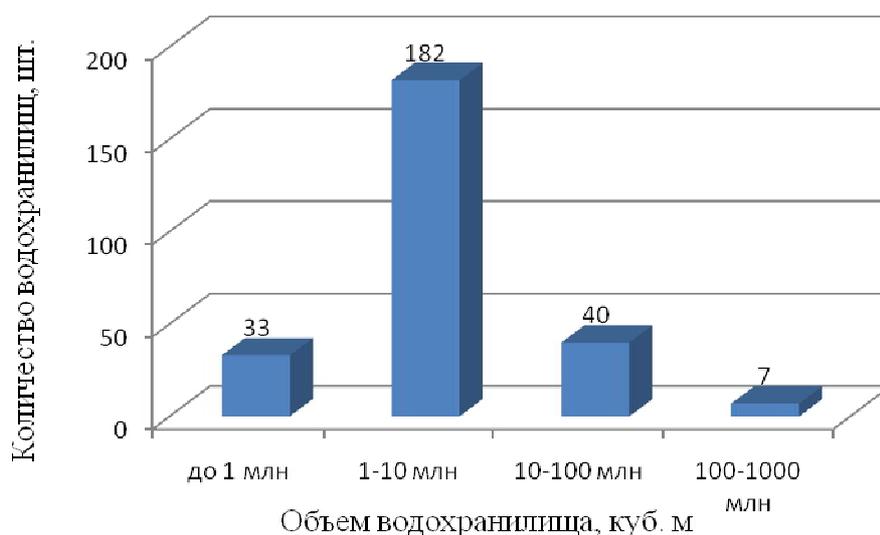
Таким образом, разработка «отраслевого» технического регламента, с учетом экологических требований позволит минимизировать ущерб при проведении мелиоративных мероприятий, а в частности – при эксплуатации мелиоративных систем, а также станет основополагающим документом при решении правовых вопросов ответственности, за поддержание экологического состояния мелиорируемых и прилегающих к ним территорий.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
- 2 Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель».
- 3 Федеральный закон от 30 декабря 2009 г № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

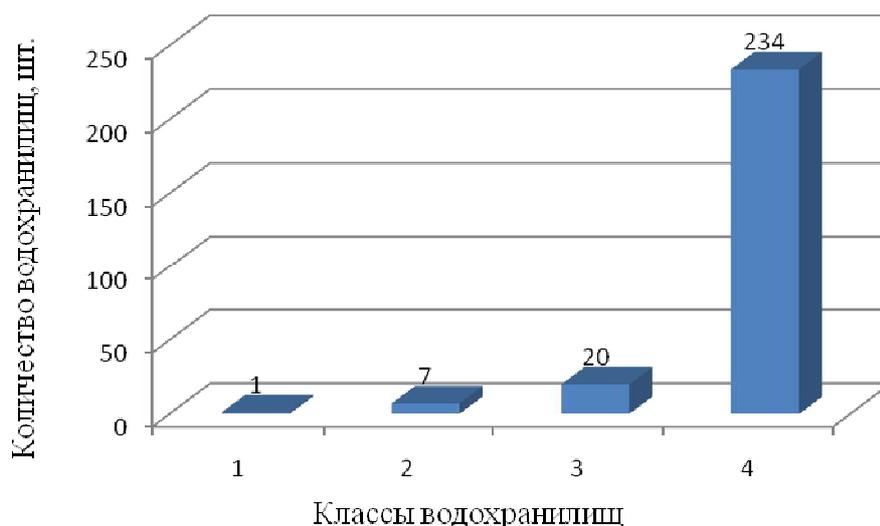
## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Водоохранилище мелиоративного назначения – это искусственный водоем специального или комплексного назначения, приоритетным направлением использования которого является удовлетворение нужд мелиорации земель. Обзор и анализ водохранилищ мелиоративного назначения, состоящих на балансе Минсельхоза России, показал, что к водохранилищам мелиоративного назначения относятся пруды (до 1 млн м<sup>3</sup>), малые (1-10 млн м<sup>3</sup>), небольшие (10-100 млн м<sup>3</sup>) и средние (100-1000 млн м<sup>3</sup>) водохранилища 1-го, 2-го, 3-го и 4-го классов ответственности (рисунки 1, 2).



**Рис. 1. Распределение водохранилищ мелиоративного назначения, состоящих на балансе Минсельхоза России, по объемам аккумулируемой воды**

В связи с этим, обеспечение безопасной эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения по ряду причин, в том числе, по возможным негативным воздействиям нарушения правил эксплуатации, является одним из важнейших направлений деятельности собственников водохранилищ мелиоративного назначения, которые должны действовать в соответствии с законодательными актами Российской Федерации и опираться на документацию в области стандартизации.



**Рис. 2. Распределение водохранилищ мелиоративного назначения, состоящих на балансе Минсельхоза России, по классам ответственности**

Обзор законодательства Российской Федерации позволил выделить следующие законодательные акты, регламентирующие эксплуатацию водохранилищ мелиоративного назначения и ГТС:

- Водный Кодекс Российской Федерации;
- № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
- № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».

Анализ вышеуказанных законодательных актов Российской Федерации позволил сделать следующие краткие выводы:

1. Основные положения правил эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения, при использовании их в практике реальной эксплуатации, должны позволить содержать водохранилища мелиоративного назначения в соответствии с требованиями, предъявляемыми федеральным законом № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

2. Основные положения правил эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения должны быть разработаны в соответствии с федеральными законами № 74-ФЗ Водный Кодекс Российской Федерации и № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».

Обзор научно-технической литературы и документов в области стандартизации позволил выделить ряд документов в области экс-

плуатации мелиоративных систем. Из этих документов осуществление основных направлений эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения регламентируют следующие документы:

- Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений (Утверждены Министерством сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации 26 мая 1998 г.);

- Правила технической эксплуатации осушительных систем (утверждены Министерством сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации 5 апреля 1994 г.);

- ВСН 33-3.02.01-84 «Типовая инструкция по эксплуатации водохранилищ для нужд орошения емкостью до 10 млн м<sup>3</sup>» (утверждена Приказом Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР от 16 апреля 1984 г. № 145);

- РД 33-3.2.08-87 «Типовые правила эксплуатации водохранилищ емкостью 10 млн м<sup>3</sup> и более» (утверждены приказом Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР от 6 апреля 1987 г. № 141).

Анализ приведенных выше нормативных актов Российской Федерации позволил сделать следующие краткие выводы:

1. «Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» и «Правила технической эксплуатации осушительных систем» содержат самые общие положения по эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения и охране ГТС водохранилищ. Эти положения носят ознакомительный со спецификой эксплуатации водохранилищ характер и не отвечают требованиям безопасной эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения.

2. ВСН 33-3.02.01-84 «Типовая инструкция по эксплуатации водохранилищ для нужд орошения емкостью до 10 млн м<sup>3</sup>» и РД 33-3.2.08-87 «Типовые правила эксплуатации водохранилищ емкостью 10 млн м<sup>3</sup> и более» содержат подробное описание основных процессов эксплуатации водохранилищ. Положения данных документов имеют существенные различия в части, касающейся режима работы водохранилищ. Это обусловлено назначением водохранилищ. Так, водохранилища емкостью более 10 млн м<sup>3</sup> имеют, как правило, комплексное назначение.

3. Проведенные ФГНУ «РосНИИПМ» исследования показали, что перечисленная нормативная документация в сфере эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения потеряла свою актуальность и требует переработки в части ее согласования с современным законодательством о техническом регулировании Российской Федерации.

4. Необходимо разработка документа в области стандартизации, регламентирующего эксплуатацию водохранилищ мелиоративного назначения, который должен быть разработан в соответствии с целями и принципами технического регулирования и стандартизации Российской Федерации, установленными № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

В связи с этим, в ФГНУ «РосНИИПМ» в развитие № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» был разработан проект свода правил «Мелиоративные системы и сооружения. Эксплуатация. Правила эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения». Разработанный проект свода правил устанавливает основные нормативные положения эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения, направленные на удовлетворение нужд водопользователей в различных гидрологических ситуациях при обеспечении надлежащего технического состояния водохранилища и гидротехнических сооружений, соблюдении требований охраны природной среды и обеспечении безопасности водохранилищ.

Нормативные положения разработанного свода правил включают в себя следующие основные разделы:

1. Эксплуатационный режим работы водохранилища. Данный раздел содержит требования к режиму работы водохранилища и правила управления режимом работы водохранилища в штатных и чрезвычайных ситуациях.

2. Эксплуатационный контроль за состоянием водохранилища. Данный раздел содержит необходимые мероприятия контроля за состоянием акватории водохранилища, прилегающими территориями и за состоянием и работой гидротехнических сооружений водохранилища.

3. Техническое обслуживание (уход) сооружений водохранилища. В данном разделе предусмотрены мероприятия, обеспечивающие поддержание грунтовых плотин, дренажных устройств, бетонных и

железобетонных конструкций, металлоконструкций и механического оборудования в исправном состоянии.

4. Ремонт гидротехнических сооружений водохранилища. В данном разделе предусмотрен комплекс технических мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных качеств сооружений, а также рассмотрены вопросы, связанные с организацией приемки ГТС водохранилища после проведения ремонтных работ и получением разрешения на эксплуатацию.

5. Эксплуатационные природоохранные мероприятия. В данном разделе предлагается комплекс организационно-хозяйственных, агролесомелиоративных, агротехнических, лугомелиоративных, гидротехнических и других мероприятий, способствующих поддержанию санитарной обстановки и равновесия экологических систем в водозащитной зоне и акватории водохранилища и обеспечивающих качество воды на уровне действующих санитарных норм.

6. Охрана водохранилищ. В данном разделе указана необходимость проведения охранных мероприятий в соответствии с требованиями № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», № 35-ФЗ «О противодействии терроризму».

7. Охрана труда обслуживающего персонала. В данном разделе указана необходимость соблюдения правил техники безопасности и производственной санитарии в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.230.

Использование разработанного проекта свода правил «Мелиоративные системы и сооружения. Эксплуатация. Правила эксплуатации водохранилищ мелиоративного назначения» в практике эксплуатации позволит содержать и использовать водохранилища мелиоративного назначения в соответствии с требованиями, предъявляемыми действующими законодательными актами Российской Федерации. Кроме этого, настоящий проект свода правил может быть использован при разработке специализированных документов в области стандартизации на эксплуатацию водохранилищ мелиоративного назначения.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ДЕЙСТВИЙ И ПРОЦЕДУР ПО ВЕДЕНИЮ УЧЕТА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В АПК**

Разработанная в целях водоресурсного обеспечения реализации Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года Водная стратегия предусматривает необходимость организации четкой и динамичной системы управления Водным хозяйством.

В соответствии с Водным кодексом РФ, для этих целей вместо водного кадастра предусматривается ведение государственного водного реестра, который включает данные водного кадастра и содержит разделы по водным ресурсам и объектам, водопользованию и инфраструктуре на водных объектах.

Государственный водный реестр представляет собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических и юридических лиц, об их использовании, о речных бассейнах, о бассейновых округах [1].

Реестр формируется в целях не только информационного обеспечения комплексного и целевого использования водных объектов и их охраны, но и для планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод.

Форма государственного водного реестра и правила оформления государственной регистрации в государственном водном реестре договоров водопользования, решений о предоставлении водных объектов в пользование, перехода прав и обязанностей по договорам водопользования, прекращения договоров водопользования определены постановлениями Правительства и утверждены в Министерстве природных ресурсов России (МПР РФ).

В МПР России действует административный регламент по исполнению Федеральным агентством водных ресурсов государственной функции по ведению государственного водного реестра и предоставлению сведений из него, который определяет последовательность

действий должностных лиц по исполнению государственной функции по ведению государственного водного реестра.

В целях формирования государственного водного реестра Министерство сельского хозяйства Российской Федерации должно предоставлять сведения об использовании водных объектов для нужд сельского хозяйства, в том числе, в целях водопотребления и водоотведения, а также о государственных мелиоративных системах, об отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружениях на водных объектах [2].

Состав сведений и порядок их представления Министерством сельского хозяйства Российской Федерации для внесения в государственный водный реестр определен приказом МПР РФ [3].

Одним из инструментов реализации государственной политики в данном направлении может быть административный регламент Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по исполнению государственной функции по ведению учета и предоставлению сведений для внесения в государственный водный реестр.

Административный регламент будет определять последовательность и сроки административных действий и процедур по исполнению государственной функции по ведению учета и предоставлению сведений для внесения в государственный водный реестр.

Учет информации и предоставление сведений для внесения в государственный водный реестр ведется в целях информационного обеспечения комплексного использования водных объектов, целевого использования водных объектов, их охраны, а также в целях планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидация его последствий.

Порядок разработки и утверждения Административных регламентов исполнения государственных функций (предоставления государственных услуг) определен Постановлением Правительства РФ [4].

Состав сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр должен включать [3]:

- сведения о государственных гидромелиоративных (водохозяйственных) системах;

- сведения о каналах государственных гидромелиоративных систем пропускной способностью свыше  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

- сведения об отдельно расположенных гидротехнических сооружениях на водных объектах, находящихся в государственной собственности.

Сведения о государственных гидромелиоративных системах должны включать:

- наименование и тип гидромелиоративной системы (ГМС);
- местоположение (ближайший населенный пункт);
- дата ввода в эксплуатацию;
- характеристика ГМС (проектная или фактическая площадь; годовой объем забора или сброса воды);

- характеристика собственника ГМС и эксплуатирующей организации (наименование; юридический адрес; ИНН/ОГРН; реквизиты акта, устанавливающего право собственности на ГМС);

- наименование, тип и назначение гидротехнических сооружений (ГТС) в составе ГМС;

- местоположение, координаты ГТС (ближайший населенный пункт; кадастровый номер земельного участка под ГТС);

- класс ГТС и дата ввода в эксплуатацию;

- характеристика уровня безопасности ГТС;

- оценка технического состояния ГТС;

- основные технические характеристики ГТС;

- данные по водным объектам (водоисточник, водоприемник).

Сведения о каналах государственных гидромелиоративных систем пропускной способностью свыше  $1 \text{ м}^3/\text{с}$  должны включать:

- наименование ГМС;

- код водохозяйственного участка;

- наименование водного объекта – водоисточника;

- расстояние от устья реки до головы канала, км;

- наименование канала ГМС;

- длина канала, км;

- пропускная способность (в голове канала),  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

- годовой объем водозабора в голове канала, млн  $\text{м}^3$ ;

- оценка технического состояния канала.

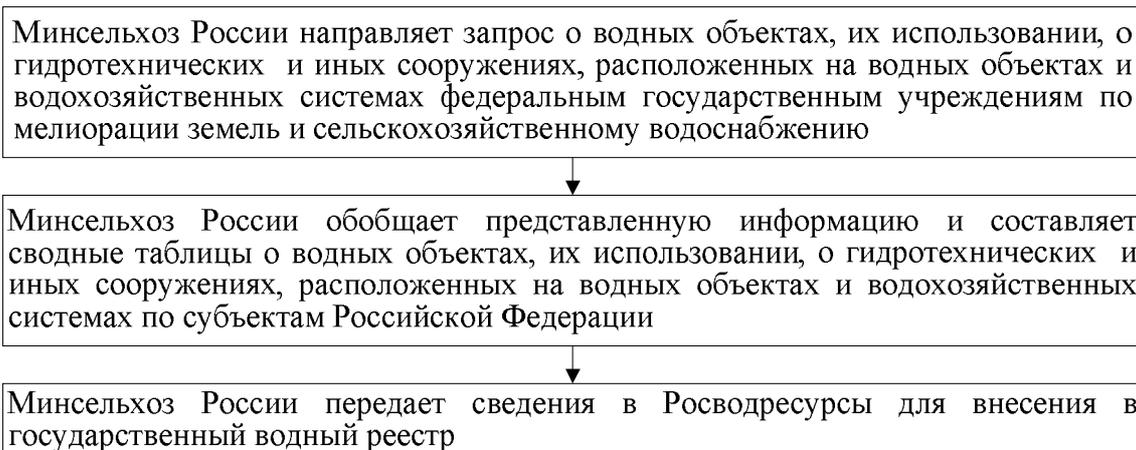
Сведения об отдельно расположенных гидротехнических сооружениях на водных объектах, находящихся в государственной собственности должны включать:

- наименование, местоположение, координаты ГТС;
- наименование водного объекта и код водохозяйственного участка;
- собственник ГТС;
- балансодержатель ГТС;
- эксплуатирующая организация;
- назначение ГТС и его параметры, характеристики;
- кадастровый номер земельного участка и реквизиты акта на земельный участок под ГТС.

При осуществлении государственной функции по ведению учета и предоставлению сведений для внесения в государственный водный реестр должны выполняться следующие административные процедуры:

- направление запросов федеральным государственным учреждениям по мелиорации земель и сельхозводоснабжению;
- внесение в сводные таблицы сведений, полученных в результате обследования водных объектов и сооружений на них;
- обновление сведений;
- передача сведений для внесения в государственный водный реестр.

Блок-схема последовательности действий (административных процедур) при исполнении государственной функции приведена на рисунке 1.



**Рис. 1. Блок-схема последовательности действий при исполнении государственной функции по ведению учета и предоставлению сведений для внесения в государственный водный реестр**

Предлагаемый к разработке административный регламент Минсельхоза России позволит оптимизировать исполнение государственных функций по ведению учета и предоставлению сведений для внесения в государственный водный реестр.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (с изменениями от 4 декабря 2006 г., 19 июня 2007 г., 14, 23 июля 2007 г., 24 июля, 27 декабря 2009 г.).

2 Постановление Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2007 г. № 253 «О порядке ведения государственного водного реестра» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2007 г., № 19, ст. 2357).

3 Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 ноября 2007 г. № 316 «Об утверждении порядка предоставления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр».

4 Постановление Правительства РФ от 29.11.2007 г. № 813, от 04.05.2008 г. № 331 «О порядке разработки и утверждения административных регламентов исполнения государственных функций (предоставления государственных услуг)».

УДК 626.81.001.8:502.65.004.14

Г. А. Сенчуков, А. С. Капустян (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ СХЕМ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года основным инструментом обеспечения комплексного использования и охраны водных объектов предусматривает схемы комплексного использования и охраны водных объектов, разработку которых предполагается завершить к 2015 году [1].

Они должны включать в себя систематизированные материалы о состоянии и использовании водных объектов и быть основой для осуществления водохозяйственных мероприятий и мероприятий

по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов [2].

В 2007 году приказом Министерства природных ресурсов № 169 от 04.07.2007 г. утверждены «Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов» (СКИОВО). Нормативный документ определяет требования к структуре проектов схем комплексного использования и охраны водных объектов, составу и последовательности действий по их разработке, утверждению и реализации, внесению изменений в эти схемы.

Согласно методическим указаниям, схемы разрабатываются в целях определения допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты, определения потребностей в водных ресурсах в перспективе, обеспечения охраны водных объектов и определения основных направлений по предотвращению негативного воздействия вод.

Источником сведений при разработке Схем всегда служила общегосударственная сеть гидрологических постов и станций. Справочно: в бывшем СССР гидрологическая сеть включала 35 тыс. постов, в том числе – около 8 тыс. пунктов наблюдений [3].

В настоящее время в России существующая сеть гидрологических наблюдений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды включает всего 3085 гидрологических постов. За последние 20 лет сокращение сети гидрологических наблюдений в Российской Федерации составило в среднем 30 %, а в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока – до 50 % [1]. Данное обстоятельство обусловило устойчивую тенденцию ухудшения качества гидрологических прогнозов.

Апробация методических указаний при выполнении Государственных контрактов по разработке СКИОВО показала необеспеченность разработчиков в полном объеме первичной информацией Росгидромета, Роснедра, Роспотребнадзора, Росрыболовства и методическими документами [4].

Интересы различных водопользователей часто находятся в противоречии между собой, поэтому при разработке СКИОВО, особенно в бассейнах рек с дефицитом водных ресурсов, требуется разработка научно обоснованных предложений по распределению и допустимому изъятию поверхностных и подземных вод.

Анализ методических документов по использованию и охране водных объектов показывает, что для разработки СКИОВО есть необ-

ходимость в корректировке действующих и разработке новых документов, наиболее важные из которых следующие:

- совершенствование системы государственного учета использования водных ресурсов с унификацией методических документов по терминологии, формам представления и использования результатов;
- разработка методических рекомендаций по прогнозированию использования водных ресурсов;
- разработка методики расчета водохозяйственных балансов;
- разработка методов оценки экологического состояния водного объекта.

Так как СКИОВО разрабатываются для нахождения наиболее эффективных решений местных водохозяйственных задач в пределах бассейна, поэтому в составе бассейновых схем должны учитываться схемы развития и размещения объектов сельскохозяйственного и мелиоративного назначения, т.е. развитие и размещение мелиорации и водного хозяйства в АПК.

Предыдущий опыт осуществления мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов подтверждает необходимость дальнейшего совершенствования методики составления схем.

Исходя из того что в целях оценки антропогенной нагрузки, выявления причин и источников загрязнения водных объектов в результате хозяйственной деятельности, методические указания предусматривают характеристику сельскохозяйственного использования водосборной территории речного бассейна, включающую площади возделываемых культур, площади орошения и осушения, СКИОВО кроме сведений по водным объектам должны включать, по нашему мнению, данные по земельным ресурсам.

Составление схем комплексного использования водных и земельных ресурсов практиковалось в 70-х годах прошлого столетия при осуществлении международного сотрудничества и оказания научно-технической помощи при подготовке Схем ряду зарубежных стран: Польше, Венгрии, Румынии, Чехословакии, Югославии, Афганистану, Ирану и Кубе [5].

Включение сведений по земельным ресурсам в разрабатываемые Схемы позволит значительно расширить диапазон задач, решаемых методическими указаниями.

Разработанные методические указания не в полной мере учитывают информацию о водохозяйственной инфраструктуре речного бассейна, поэтому перечень источников информации следует дополнить данными учета мелиорированных земель, подготавливаемыми Минсельхозом России в соответствии с действующим Административным регламентом [6].

Источником информации по водным объектам, кроме перечисленных в методических указаниях, должны также служить фондовые материалы специализированных водохозяйственных организаций Минприроды и Минсельхоза России.

В составе источников информации по земельным ресурсам, в частности, по мелиорированным землям, должны быть материалы специализированных организаций Минсельхоза России данные по оценке и учету мелиорированного и технического состояния орошаемых (осушенных) сельскохозяйственных угодий, собираемые в соответствии с Административным регламентом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6].

В соответствии с данным Регламентом, состав показателей по оценке и учету мелиоративного и технического состояния оросительных (осушительных) систем включает:

- базовые данные (общая площадь орошаемых (осушенных) земель, площадь орошаемых (осушенных) земель под контролем и т.д.);
- распределение орошаемых (осушенных) сельхозугодий по глубине залегания УГВ (в метрах);
- распределение орошаемых сельхозугодий по минерализации грунтовых вод (г/л);
- распределение орошаемых сельхозугодий по минерализации оросительной воды (г/л);
- распределение орошаемых сельхозугодий по степени засоленности почв в слое 0-100 см;
- распределение орошаемых сельхозугодий по степени солонцеватости почв;
- оценка мелиоративного состояния орошаемых (осушенных) сельхозугодий;
- площадь сельхозугодий, на которой требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня оросительных (осушительных) систем; (реконструкция, строительство и переустройство КДС, капитальная планировка, повышение водообеспеченно-

сти, ремонт КДС, капитальная промывка засоленных земель, культурно-технические работы, химические мелиорации).

Включение в состав СКИОВО информации по земельным ресурсам позволит дать более полную характеристику сельскохозяйственного использования водосборной территории речного бассейна для определения допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р).

2 Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (с изменениями от 4 декабря 2006 г., 19 июня 2007 г., 14, 23 июля 2007 г., 24 июля, 27 декабря 2009 г.).

3 Решение семинара «Методическое обеспечение разработки Схем комплексного использования и охраны водных объектов». – Москва, 28-29 апреля 2009 г.

4 Комплексное использование и охрана водных ресурсов / И. И. Бородавченко [и др.]. – М.: Колос, 1983. – 175 с.

5 Штепа Б. Г. О разработке схем комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР / Методы составления схем комплексного использования и охраны водных ресурсов малых бассейнов / Материалы советско-финляндского симпозиума. – Елгава, 1975. – 275 с.

6 Административный регламент Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по исполнению государственной функции по ведению учета мелиорированных земель. Приказ Минсельхоза России от 27 января 2009 г. № 33.

УДК 626.823.6:389

**А. А. Чураев, Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг (ФГНУ «РосНИИПМ»)**

### **К ПРОБЛЕМЕ ОСНАЩЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ВОДОУЧЕТА**

С развитием новых экономических отношений в нашей стране возрастает актуальность проблемы рационального и экономного использования водных ресурсов в сельскохозяйственной отрасли.

В большинстве стран мира в качестве одного из рычагов рационального водопользования в сельском хозяйстве применяют рыночные принципы экономического стимулирования – платное водопользование. Платное водопользование увеличивает роль учета и контроля потребляемой воды для орошения и водоотведения, а также требует серьезного подхода к принципам организации и оснащения оросительных систем средствами водоучета.

Если построенные в 80-е годы оросительные системы и их водорегулирующие сооружения межхозяйственного значения были еще оснащены водоизмерительными приборами и устройствами, водомерами, водосливами, водомерными насадками, уровнемерами и самописцами уровня воды, то многие оросительные сети внутрихозяйственного значения водомерными устройствами не были оборудованы. Во многих случаях вода на поля подавалась без точного учета, что отрицательно сказывалось на учете и контроле используемой воды, а также качестве поливов и урожаях сельскохозяйственных культур.

Правильно учитывать и распределять водные ресурсы на мелиоративных системах и регулировать почвенную влажность можно только при хорошо организованном измерении расходов воды. Вода должна измеряться во всех пунктах поступления: в магистральные каналы, распределители, участковые оросители, а также в устьях сбросных каналов и коллекторов, дрен и т.д.

Для контроля над расходом воды в открытых каналах оросительных систем применяются мобильные и стационарные водомерные гидрометрические посты – пункты водоучета. В настоящее время снижено количество и уровень технического состояния пунктов водоучета. За период с 1995 по 2005 гг. количество пунктов водоучета в РФ снизилось в 8,5 раз, из них 62 % оснащены только гидрометрическими рейками, 4 % имеют измерительные приборы устаревшего типа, остальные вообще не имеют средств измерения. Энергоснабжением обеспечены лишь 17 % пунктов водоучета, около 90 % пунктов водоучета не имеют автоматизации измерений и элементарной связи с диспетчерским пунктом.

Существующие устройства и приборы измерения расхода воды, отечественных и зарубежных производителей, имеют ограниченное применение на оросительных каналах по причинам: низкой точности измерения, отсутствия на постах водоучета электроснабжения, высокой стоимости приборов и сложности в эксплуатации [1].

На современном этапе взаимоотношений между водопользователями и водопотребителями к средствам водоучета выдвигаются особые специфические требования, которые должны обеспечивать [2]:

- высокую надежность и адекватность измерений независимо от изменений режимов водоисточников и других местных условий;
- сохранение однозначности измеряемых величин во всем диапазоне измерений;
- невозможность какого-либо вмешательства извне в показания приборов, в фиксируемые параметры и средства фиксации;
- достаточную метрологическую обеспеченность применяемых средств водоучета и комплексов средств водоучета;
- возможность контроля в любой момент времени показаний приборов, положений датчиков, состояния аппаратуры и средств телеизмерения;
- возможность быстрой замены и реставрации, градуировки и переградуировки средств измерений и датчиков.

Несмотря на то что водопользователи и водопотребители в настоящее время заинтересованы в применении средств водоучета на водохозяйственных и мелиоративных системах, ситуация в области водоучета осложняется рядом проблем. Основными из которых являются: недостаток финансирования для строительства или реконструкции пунктов водоучета и оснащения их современными средствами водоизмерения; отсутствие новых отечественных разработок измерительной аппаратуры водоучета, отсутствие нормативной документации.

В соответствии с необходимостью пересмотра и усовершенствования нормативно-методической базы рационального водоучета и водоизмерения, отделом ЭМС ФГНУ «РосНИИПМ» был разработан проект свода правил (СП) «Правила эксплуатации. Оснащение мелиоративных систем средствами водоучета». Разработанные правила предназначены к применению эксплуатационными организациями, обслуживающими мелиоративные системы различных форм собственности и могут быть применены при формировании системного водоучета и его метрологического обеспечения.

Разработанный проект СП упрощает процедуры выбора необходимой номенклатуры измерительной аппаратуры и вспомогательного технологического оборудования (по перечню параметров с рекомендуемыми требованиями и ограничениями) для оснащения пунктов во-

доучета на мелиоративных системах и способен повысить качество контроля объема и расхода подаваемой потребителям воды. Представляет собой систему технических, метрологических и эксплуатационных требований к оснащению мелиоративных систем средствами водоучета.

Свод правил содержит основные разделы: Организация пунктов водоучета; Состав контролируемых параметров водного потока; Приборное обеспечение водоучета на сооружениях мелиоративных систем; Информационное обеспечение службы эксплуатации о состоянии пунктов водоучета и результатах мониторинга контролируемых параметров; Сведения о состоянии пунктов водоучета; Сведения о технических характеристиках средств водоучета; Метрологическое обеспечение средств водоучета. В разработанном нормативном документе также приведена схема методов и средств измерений расходов и объемов воды в зависимости от режимов работы мелиоративных систем, формы таблиц о составе контролируемых параметров при автоматизированном водоучете, общих сведениях о состоянии средств водоучета и технических характеристиках средств водоучета. Даны подробные описания требований к заполнению таблиц.

Практическая ценность свода правил заключается в нормативно-методическом обеспечении федеральных государственных учреждений по мелиорации земель, занятых эксплуатацией мелиоративных систем.

Проект свода правил является одним из первых нормативных документов в организации эксплуатации мелиоративных систем с учетом анализа новых средств водоучета и водоизмерения, а также метрологического обеспечения и изучения уровня современного состояния гидрометрической сети с целью ее оснащения современными водоучитывающими приборами.

Выполнение требований документа повысит точность и достоверность водоучета и контроля расходования воды на мелиоративных системах.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Колобанова Н. А. Совершенствование средств водоучета на открытых каналах внутрихозяйственных оросительных систем:

автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Колобанова. – Волгоград: ФГОУ ВПО ВГСХА «Нива», 2010. – 19 с.

2 Филончиков А. В. Технология водоучета на мелиоративных системах / А. В. Филончиков. – Кострома: КГСХА, 1997. – 156 с.

УДК 626/627.001.2:528:550.3

**Е. А. Савенкова** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Важным моментом при эксплуатации мелиоративных сооружений является определение их технического состояния и уровня безопасности, определение их физического и морального износа.

В настоящее время разработаны высокотехнологичные методы и средства для проведения диагностики технического состояния сооружений, которые могут быть использованы при выполнении этих работ на мелиоративных сооружениях.

К современным методам обследования гидротехнических сооружений можно отнести геофизические методы обследования, которые позволяют проводить обследование таких сооружений, как грунтовые плотины, мелиоративные каналы, водохранилища и др. Геофизические измерения позволяют определить физические характеристики слоев грунта и сделать выводы по их строению и структуре материала с поверхности земли или воды.

К геофизическим методам обследования относятся: метод электропрофилирования (электроразведка); метод сейсмического просвечивания (сейсморазведка); метод георадиолокационного зондирования.

Электроразведка объединяет физические методы исследования геосфер Земли, основанные на изучении электрических и электромагнитных полей, существующих в Земле либо в силу естественных космических, атмосферных, физико-химических процессов, либо созданных искусственно [1]. В электроразведке сейчас насчитывается свыше пятидесяти различных методов и модификаций, предназначенных как для глубинных исследований (до 500 км), так и для изучения верхней части разреза. Электромагнитное профилирование, как один из мето-

дов электроразведки используется при инженерных и экологических исследованиях.

Метод электропрофилирования основан на выделении аномалий в толще грунта (сигнал свободен от фона вмещающей среды и вызван только локальными геоэлектрическими неоднородностями). Аномалии определяются по геоэлектрическим разрезам, которые строятся на основании электромагнитных свойств (удельное электрическое сопротивление горных пород, электрохимическая активность, поляризуемость, диэлектрическая и магнитная проницаемости) геологических сред, пластов, объектов, а также геометрических параметров.

Геоэлектрический разрез над однородным по тому или иному электромагнитному свойству полупространством принято называть нормальным, а над неоднородным – аномальным.

Метод электропрофилирования позволяет изучить техническое состояние тела и основания плотины, глубину коренных пород, проницаемые зоны грунта, места выхода фильтрационного потока, определить геометрические размеры металлических и железобетонных трубчатых сбросных сооружений.

В качестве средства электроразведки для целей контроля показателей уровня безопасности мелиоративных сооружений можно использовать многофункциональный электроразведочный измеритель «Мэри-24», предназначенный для измерения параметров постоянного и переменного напряжения в полевых условиях при электроразведочных работах; электроразведочный генератор «Астра-100», со вспомогательными модулями и мобильным ПК со специальным программным обеспечением. Электроразведочный генератор «Астра-100» предназначен для создания электромагнитного поля при проведении геофизических работ методами постоянного тока, вызванной поляризации, частотного зондирования и т.д.

Сейсмическая разведка (сейсморазведка) – это геофизический метод исследования строения Земли и геологической среды, основанный на изучении распространения упругих волн, возбужденных искусственно с помощью тех или иных источников: взрывов, ударов и др. [2].

Сейсморазведка – очень важный и во многих случаях самый точный (хотя и самый дорогой и трудоемкий) метод геофизической разведки, применяющийся для решения различных геологических за-

дач с глубиной от нескольких метров (изучение физико-механических свойств пород) до нескольких десятков и даже сотен километров (изучение земной коры и верхней мантии).

Методика сейсморазведки основана на изучении кинематики волн или времени пробега различных волн от пункта их возбуждения до сейсмоприемников, улавливающих скорости смещения почвы, и их динамики или интенсивности волн. Электрические колебания, созданные в сейсмоприемниках очень слабыми колебаниями почвы, усиливаются и автоматически регистрируются на сейсмограммах и магнитограммах. В результате их интерпретации можно определить глубины залегания сейсмогеологических границ, их падение, простирание, скорости волн, а используя геологические данные, установить геологическую природу выявленных границ.

По скорости распространения сейсмических волн определяется характер породы грунтов (рыхлые породы, глина, скальные грунты и т.д.) тела и основания плотины, наличие в теле плотины сторонних объектов. С помощью сейсмических измерений продольных и поперечных волн определяются упругие характеристики грунтов в естественном залегании, изучение микросейсм позволяет подсчитать амплитуду и спектральный состав динамических воздействий на плотину (вибрации).

В сейсморазведке различают два основных метода: метод отраженных волн (МОВ) и метод преломленных волн (МПВ).

Оптимальным средством проведения сейсморазведочных работ методами МПВ и МОВ на основе современных технических решений при инженерно-геологических изысканиях и микросейсмрайонировании является цифровая многоканальная инженерная сейсморазведочная станция «Лакколит X-M3», обеспечивающая получение данных с 24-х сейсмических каналов и их предварительную обработку.

Отображение результатов и дополнительная обработка данных в полевых условиях производится с помощью ноутбука с прикладным программным обеспечением или специализированного блока управления.

Станция обеспечивает: скорость обмена данными до 100 Мбит/сек; встроенный электронный коммутатор; регистрацию и предварительную обработку данных при помощи встроенных сигнальных процессоров в реальном масштабе времени; повышенную надежность благодаря увеличению степени интеграции.

Метод георадиолокационного зондирования осуществляется с помощью георадара, который применяется в целях обнаружения точечных и протяженных металлических и неметаллических объектов в различных средах (грунт, вода, строительные конструкции, и т.п.). Георадары обеспечивают высокую точность локализации объектов, предметов и границ раздела геологических слоев и определение глубины залегания, и характер неоднородностей. Результатом георадиолокационного профилирования является радиограмма.

В настоящий момент одним из наиболее востребованных и часто применяемых средств радиолокации при геофизических исследованиях является георадар «Око-2». В комплект к данному георадару входит программное обеспечение в возможности которой входит: сбор георадиолокационных данных георадаром «Око-2» в непрерывном режиме, режиме по перемещению (с использованием датчиков перемещения) и в режиме по шагам; визуализация данных во время съемки; интерактивное определение скоростей слоев и глубин залегания локальных объектов при обработке данных; послойная обработка; обработка данных площадной съемки; учет рельефа; редакция трасс.

Для контроля прочности бетона гидротехнических сооружений мелиоративного назначения в настоящее время существует несколько неразрушающих методов: метод отрыва со скалыванием; ультразвуковой метод; метод ударного импульса; метод упругого отскока; метод пластической деформации.

Самым распространенным в настоящий момент методом контроля прочности бетона был и остается метод ударного импульса. Для его реализации используется стандартный молоток Кашкарова. Основным достоинством молотка Кашкарова является низкая стоимость прибора [3]. Другим распространенным устройством для реализации метода ударного импульса является электронный прибор ИПС-МГ4. В нем удар по поверхности бетона производится специальным датчиком. Определение прочности выполняется автоматически – данные высвечиваются на дисплее. Этот прибор проще в эксплуатации, и при его использовании исключаются ошибки, связанные с человеческим фактором. Погрешность измерений составляет  $\pm 10\%$ . Еще одним достоинством устройства является возможность передачи данных из памяти прибора на ПК. Прибор ИПС-МГ4 предназначен для оперативного производственного контроля прочности и однородности бетона и раствора методом ударного импульса.

В комплект прибора ИПС-МГ4 входит: устройство ввода коэффициента совпадения для оперативного уточнения базовых градуировочных характеристик; устройство маркировки измерений типом контролируемого изделия (балка, плита, ферма и т.д.); функция вычисления класса бетона «В» с возможностью выбора коэффициента вариации; функция исключения ошибочного промежуточного значения.

Приборы имеют энергонезависимую память, режим передачи данных на компьютер и снабжены устройством ввода в программное устройство индивидуальных градуировочных характеристик.

Измерение прочности бетона заключается в нанесении на контролируемом участке изделия серии до 15 ударов. Электронный блок по параметрам ударного импульса, поступающим от склерометра, оценивает твердость и упругопластические свойства испытываемого материала, преобразует параметр импульса в прочность и вычисляет соответствующий класс бетона.

Алгоритм обработки результатов измерений включает: усреднение промежуточных значений; сравнение каждого промежуточного значения со средним, с последующей; отбраковкой значений, имеющих отклонения от среднего, более допустимого; усреднение оставшихся после отбраковки промежуточных значений; индикацию и запись в память конечного значения прочности и класса бетона.

Ультразвуковые приборы могут использоваться не только для контроля прочности бетона, но и для дефектоскопии, контроля качества бетонирования, определения глубины трещин и т. д.

В инструментальные методы как комплекс контрольных диагностических мероприятий также входят обследования, которые включают в себя: обследование гидротехнических сооружений с использованием навигационных приборов GPS; топографическую съемку гидроузла ГТС с использованием тахеометра. Эти обследования позволяют определить вертикальные и горизонтальные смещения сооружений водохранилищного гидроузла и дать оценку их технического состояния.

Применение навигационного оборудования GPS и специального программного обеспечения при обследовании гидротехнических сооружений позволяет проводить ориентирование и поиск объекта на местности с определением и фиксацией географических координат объекта.

При проведении топографической съемки можно использовать Тахеометры серии GPT-3000N, оснащенные невидимым полупроводниковым импульсным лазером для измерения расстояний и видимым лазером для указания линии визирования. Они идеально приспособлены для задания створа при выносе точек в натуру, а также для визуального подтверждения точки, до которой осуществляется измерение. Встроенное программное обеспечение прибора позволяет решить в поле большой спектр инженерно-геодезических задач: съемка, вынос в натуру, обратная засечка, измерение высоты недоступной точки и т.д.

Все используемые для инструментального обследования приборы и оборудование должны иметь свидетельства об их поверках, позволяющие с достоверностью выполнять измерительные работы.

Применение современных методов и средств обследования сооружений позволяет значительно сократить время проведения работ, трудовые затраты и получить достаточную информацию для определения технического состояния мелиоративных сооружений и уровень их безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1 <http://geo.web.ru/>.

2 СП 11-105-97. Свод правил. Инженерно-геологические изыскания для строительства. – Ч. III. – Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов.

3 <http://stroy-life.ru>.

УДК 627.8

**М. К. Игнатченко** (ФГОУ ВПО «НГМА»)

### **ПРИПЛОТИННАЯ АДЫГЕЙСКАЯ ГЭС В СОСТАВЕ КРАСНОДАРСКОГО ГИДРОУЗЛА<sup>1</sup>**

Краснодарское водохранилище расположено в среднем течении р. Кубань в 248 км от ее устья, непосредственно выше г. Краснодара. Полезная емкость водохранилища (по проекту) 2160 млн м<sup>3</sup>, противопаводковая емкость 652 млн м<sup>3</sup>, емкость водохранилища при НПУ

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

(33,65) 2393 млн м<sup>3</sup>, при ФПУ (0,1 %) 35,23 м – 3048 млн м<sup>3</sup>. С целью снижения негативного влияния Краснодарского водохранилища на прилегающее территории в 1993 г. между Республикой Адыгея и Краснодарским краем было подписано соглашение о снижении НПУ на 0,9 м ниже проектного (до отметки 32,75 м). При этом полезная емкость Краснодарского водохранилища снизилась на 425 млн м<sup>3</sup> (то есть на 20 %). Краснодарское водохранилище более 37 лет защищает низовья Кубани от наводнений, обеспечивает гарантированную подачу воды на оросительные системы, в том числе рисовые, улучшает водообеспечение населения края.

В напорный фронт водохранилища входят основные сооружения: земляная плотина; водосбросное сооружение с механическим рыбоподъемником; судоходный шлюз; водозабор-водоотпуск; земляная плотина; правобережная оградительная дамба с креплением правого берега.

Для защиты от затопления и подтопления мелководных участков построены комплексы сооружений: инженерная защита долины р. Псекупс (левобережный и правобережный участки); инженерная защита долины р. Пшиш (участок № 11); инженерная защита долины «Хатукай» (участок № 12); инженерная защита х. Городского.

Основными задачами Краснодарского водохранилища согласно проекту:

- ликвидировать угрозу наводнения на территории общей площадью 600 тыс. га;
- гарантированно орошать 215 тыс. га рисовых систем;
- подать воду в необходимом количестве на рыбоводные хозяйства площадью 156 тыс. га в Приазовских лиманах;
- обеспечить попуски воды на устья рек Кубани и Протоки для нерестовых миграций осетровых, рыбца и шемаи;
- улучшить условия судоходства на р. Кубани и Протоке на протяжении более 400 км.

За время эксплуатации Краснодарского водохранилища многие поставленные перед ним задачи уже не выполняются. Сейчас основной проблемой сооружения является размыв нижнего бьефа водосбросного сооружения. Она заключается в том, что по проекту в водобойном колодце должен иметь место затопленный гидравлический прыжок, но уже при сбросе  $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{с}$ , наблюдается не правильная структура потока, из-за изменения режимов рек и водохранилища при

больших расходах прыжок полуотогнан. По исследованиям, проведенным ранее НГМА сделаны выводы, что при полном открытии затворов надежная защита обеспечивается при расходе  $Q = 700 \text{ м}^2/\text{с}$ , а при работе сооружения по схеме из под щита нормальная работа при расходе  $Q = 700 \text{ м}^2/\text{с}$ . Для решения этой проблемы необходимо изменить гидравлическую структуру потока в отводящем канале. Чтобы изменить структуру потока принято решение о строительстве приплотинной Адыгейской ГЭС с мощностью от 60-70 МВт, которая будет пропускать определенный расход воды, но это подтвердится после гидравлический исследований, в дальнейшем проведенных в гидротехнической лаборатории НГМА. Нашей задачей является обеспечение безопасности напорного фронта путем формирования необходимой структуры потока в отводящем канале водосбросного сооружения.

Строительство ГЭС – это капиталоемкое вложение, чем строительство ТЭС, однако особенности получения энергии с помощью гидроэлектростанции является: себестоимость энергии на ГЭС более чем в два раза ниже, получаемой на тепловых электростанциях; турбины ГЭС допускают работу во всех режимах то нулевого до максимального и позволяет быстро изменять мощность при необходимости, выступая в качестве регулятора выработки энергии; сток реки является возобновляемым источником энергии, в отличие от тех ресурсов, которые необходимы ТЭС; значительно меньшее воздействие на окружающую среду; в экономическом смысле независимость от цен на нефть и газ.

Если говорить об Адыгейской ГЭС, с точки зрения влияния на экологию, хотелось бы отметить, что огромного ущерба она не принесет, так как основное воздействие на окружающую среду оказало строительство самого водохранилища. Строительство ГЭС это самовытекающий аспект, который рано или поздно произойдет.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Волосухин В. А., Белоконев Е. Н. Научное обоснование повышения надежности водосбросных сооружений гидроузлов. – Новочеркасск, 2008. – С. 166-182.

2 Правила эксплуатации Краснодарского водохранилища. – Кубаньводпроект.

## **СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ**

Согласно базе данных ГТС Ставропольского края, сформированной по результатам инвентаризации 2008-2009 гг., на территории субъекта располагаются 4203 ГТС [1]. Срок эксплуатации ГТС превысил допустимые нормы эксплуатации (30-50 лет), многие из них находятся в ухудшенном техническом состоянии, а следовательно, может привести к различным аварийным ситуациям.

Техническое состояние гидротехнических сооружений на оросительных системах Ставропольского края приведено в таблице 1.

Техническое состояние гидротехнических сооружений (таблица 1) на оросительной системе БСК – плотины на водохранилищах Ульяновском, «Волчьи Ворота», «Сухой Карамык», «Сухая Падина», характеризуется как удовлетворительное.

К достаточно крупным водохранилищам относится Новотроицкое с напором на плотине 19,0 м и длиной по гребню 1248 м. Полный объем водохранилища составляет 83 млн м<sup>3</sup>, полезный – 37 млн м<sup>3</sup>, площадь зеркала – 12,2 км<sup>2</sup>. Из водохранилища орошается 120 тыс. га сельхозугодий.

Водохранилище Сенгилеевское имеет полный объем 805 млн м<sup>3</sup>, полезный – 260 млн м<sup>3</sup>, площадь водного зеркала – 42 км<sup>2</sup>, максимальная глубина – 32,0 м, средняя – 19,0 м. Водохранилище используется как регулятор стока Невинномысского канала, оно стало главным питьевым источником г. Ставрополя. Имеет удовлетворительное техническое состояние всех сооружений.

Отказненское водохранилище расположено на участке долины р. Кума между с. Отказное и с. Солдато-Александровское Ставропольского края. Проектировалось водохранилище для регулирования паводков с целью предотвращения затопления пойменных земель, орошения 27,7 тыс. га и питьевого водоснабжения. В эксплуатацию введено в 1965 году. Техническое состояние сооружений на данный

Таблица 1

**Техническое состояние гидротехнических сооружений  
на оросительных системах Ставропольского края**

Оросительная система	Наименование ГТС	Характеристика ГТС			Техническое состояние: надежное, удовлетворительное, неудовлетворительное*
		расход, м <sup>3</sup> /с	напор на сооружение, м	ширина или диаметр, м	
Большой Ставропольский канал (БСК)	Грушевское водохранилище	12,0	14,0	1550,0	строительство продолжается
	Водоохранилище «Волчьи ворота»	119,0	11,2	160,0	удовлетворительно
	Водоохранилище Ульяновское	4,3	2,5	1466,0	удовлетворительное
	Водоохранилище «Сухой Карамык»	9,9	12,0	1550,0	удовлетворительное
	Водоохранилище «Сухая Падина»	10,2	12,0	1050,0	удовлетворительное
Терско-Кумская (ТКООС)	Советское водохранилище	3,0	7,3	150,0	удовлетворительное
	Водоохранилище на 55 км Сухопадинского канала	5,0	7,0	1580,0	удовлетворительное
	Курганинское водохранилище	12,5	6,5	130,0	удовлетворительное
	Моздорское водохранилище	2,86	2,5	150,0	удовлетворительное
	Курское водохранилище	5,1	6,9	160,0	удовлетворительное
	Ростовановское водохранилище	7,3	10,3	160,0	удовлетворительное
Право-Егорлыкская (ПЕСООС)	Дуднинское водохранилище	35,0	28,0	высота 30,2	надежное
Караногайская	Горько-Балковское водохранилище	25,0	24,0	длина 2500,0	строительство продолжается
Невинномысская	Новотроицкое водохранилище	375,0	19,0	длина 1248,0	удовлетворительное
	Сенгилеевское водохранилище	75,0	10,8	2540,0	удовлетворительное
Примечание: * – надежное сооружение можно эксплуатировать без разработки каких-либо мероприятий; удовлетворительное сооружение можно эксплуатировать при условии разработки необходимых мероприятий, повышающих безопасность его эксплуатации; неудовлетворительное (аварийное) – сооружение нельзя эксплуатировать.					

момент – неудовлетворительное, особенно это касается железобетонной облицовки плотины. Ложе водохранилища заилилось, полный объем составляет 49 % от проектного.

Чограйское водохранилище является оазисом в засушливых районах Ставрополья и Калмыкии. Но за 40 лет эксплуатации плотина и сооружения на ней требуют к себе особое внимание [2]. На сегодняшний день по декларации безопасности ГТС, наполнение Чограйского водохранилища не должно превышать 350 млн м<sup>3</sup>, то есть менее 50 % от проектной мощности, что не позволяет в полном объеме обеспечить потребности АПК Ставрополья и Республики Калмыкия в водных ресурсах.

На основании анализа состояния вопроса с безопасностью ГТС в Ставропольском крае можно выделить следующие проблемы водохозяйственного комплекса края:

1) отсутствие стабильной и достаточной финансово-экономической базы комплекса. Мероприятия по эксплуатации и безопасности гидротехнических сооружений финансируются только на 15-20 % (ремонт; очистка; транспортное обеспечение, связь, декларация безопасности и т.д.). Объемы реконструкции и капитального ремонта значительно отстают от темпов физического старения основных фондов;

2) незавершенность водохозяйственного обустройства территории Ставропольского края. Ряд крупных системных водохранилищ многолетнего регулирования, имеющие важное значение для создания запасов воды и противопаводкового назначения также не закончены строительством:

- Горько-Балковское водохранилище находится в 95 % строительной готовности с 1993 года;

- Грушевское водохранилище (БСК-IV) построено только на 10-15 % объема воды от полезной емкости;

- Саблинское водохранилище (БСК-III) – работы законсервированы на стадии подготовки строительной площадки. В течение многих лет не решается вопрос строительства мостового перехода через Кумской коллектор на пропуск паводков расходом 60 м<sup>3</sup>/с (фактическая пропускная способность до 10 м<sup>3</sup>/с) на железной дороге Кизляр-Астрахань, район с. Кочубей, граница территорий республик Калмыкии и Дагестана;

3) экологические проблемы водохозяйственного комплекса края. Новотроицкое водохранилище, которое является единственным источником питьевого водоснабжения 9-ти административных районов края, интенсивно заиляется продуктами эрозии р. Егорлык, подвергнуто тепловому загрязнению технологическими сбросами Ставропольской ГРЭС. Действующая система гидромеханической очистки (земснаряд) малоэффективна и ограничена емкостями илохранилищ. Курганинское водохранилище – заиление полезной емкости более чем на 60 %. Проведение очистки водоема ни экономически, ни экологически (продукты заиления имеют повышенный уровень загрязнения радионуклидами) не обосновано. Требуется строительство нового водохранилища или систем водоемов. В условиях высокой мутности водоисточников (р. Терек, р. Кубань) есть необходимость проработки и строительства систем отстойников в районе головных сооружений магистральных каналов;

4) отсутствие эффективной системы охраны и защиты гидротехнических сооружений, водохранилищ, насосных станций;

5) несоответствие мостовых переходов через каналы требованиям безопасности движения транспортных средств. На водохозяйственном комплексе края находятся более 300 мостов, из них на дорогах общего пользования около 50 мостов. В настоящее время они не соответствуют действующим требованиям СНиП по нагрузкам, габаритам, обустройству и т.д., что создает небезопасные условия движения по ним пассажирского и других транспортных средств. С финансированием последних 15-18 лет решить проблему реконструкции мостов не представляется возможным.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Сухарев А. В., Даржания А. Ю. Паводковая обстановка на территории Ставропольского края, проблемы и пути их решения. – [http // www.ncstu.ru](http://www.ncstu.ru), 2010.

2 Блохин Н. Ф., Блохина Т. И. Водные ресурсы Ставрополя – Ставрополь: Департамент «Ставрополькрайводхоз», 2001. – 288 с.

3 Информация о состоянии мелиоративного и водохозяйственного комплекса Ставропольского края. – [http //www.mshsk.ru](http://www.mshsk.ru), 2010.

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАНАЛОВ ПО ДАННЫМ ОБСЛЕДОВАНИЙ**

В связи с длительным сроком эксплуатации каналов оросительных систем, составляющим от 30 до 55 лет, многие из них характеризуются неудовлетворительным техническим состоянием. Это обусловлено следующими причинами: деформацией русел каналов, их размывами и заилением, разрушением облицовок и их швов, повышенной шероховатостью их русел, зарастанием дна и откосов водной растительностью, значительными потерями воды на фильтрацию. В результате ухудшения технического состояния каналов происходит снижение их пропускной способности (до 2-4 раз), значительному уменьшению КПД (на 20-30 %), разрушению плит облицовок и приканальных дамб, затоплению и подтоплению прилегающих к каналам территорий [1, 2].

Учитывая вышеизложенное, важным вопросом является достоверная и своевременная оценка технического состояния каналов и гидротехнических сооружений на них для разработки мероприятий по повышению их технического состояния, гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности.

Для оценки технического состояния каналов и гидротехнических сооружений (ГТС) на них необходимо проведение натурных обследований (визуальными и инструментальными методами), а также определение необходимых диагностических показателей и критериев состояния.

При качественной оценке технического состояния каналов и ГТС предлагается следующая градация: нормальное, удовлетворительное и неудовлетворительное состояния. Для некоторых крупных объектов, представляющих потенциальную опасность для людей, населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий следует ввести дополнительно, согласно предложению В. И. Волкова и Г. М. Каганова [3], аварийное состояние. Последнее состояние целесообразно лишь для каналов и сооружений, создающих напорный фронт

(например, высокие дамбы каналов в насыпи или на косогорах), где существует угроза его прорыва.

Количественная оценка технического состояния может устанавливаться по значениям диагностических показателей и критериев состояния. Наиболее общими показателями для оценки состояния могут служить показатели физического износа элементов, прочности и устойчивости и коэффициент полезного действия (КПД) канала. При нормальном техническом состоянии каналов и их элементов (облицовок и ГТС) физический износ должен составлять не более 10 %, показатель прочности и устойчивости – не менее 0,95, КПД – не менее 0,90-0,93. При удовлетворительном состоянии: физический износ – 10-30 %, показатели прочности и устойчивости – 0,90-0,95, КПД – 0,80-0,90. Для неудовлетворительного технического состояния: физический износ – более 30 %, показатель прочности и устойчивости – менее 0,85-0,90, КПД – менее 0,75-0,80.

В качестве показателей для оценки технического состояния основных элементов канала предлагаются следующие формулы:

- показатель физического износа (по ВСН-58-86 (р) [4]):

$$\Phi_k = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i \frac{P_i}{P_k}, \quad (1)$$

где  $\Phi_k$  – физический износ конструкции, сооружения или элемента, %;

$\Phi_i$  – физический износ участка конструкции, сооружения или элемента, % (принимается по экспертным оценкам, см. таблицу 1);

$P_i$  – размеры поврежденного участка (длина или площадь), м или м<sup>2</sup>;

$P_k$  – размеры всей конструкции, сооружения или элемента, м или м<sup>2</sup>;

$n$  – число поврежденных участков.

- показатель прочности и устойчивости (по СНиП 33-01-2003 [5]):

$$P_{пу} = \frac{R}{\gamma_n \cdot \gamma_{ec} \cdot F}, \quad (2)$$

где  $R$  – расчетное значение обобщенной несущей способности, устанавливаемое нормами проектирования;

$F$  – расчетное значение обобщенного силового воздействия (сила, момент, напряжение), деформации или другого параметра;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности сооружения (1,10-1,25);

$\gamma_{ec}$  – коэффициент сочетания нагрузок (0,90-1,0);

- коэффициент полезного действия (КПД) (по СНИП 2.06.03-85)

$$\eta = 1 - \frac{Q_{\Pi}}{Q}, \quad (3)$$

где  $Q_{\Pi} = Q_{\phi} + Q_n$  – потери воды из каналов ( $Q_{\phi}$  – потери на фильтрацию;  $Q_n$  – потери на испарение);

$Q$  – расчетный расход канала.

- показатель водонепроницаемости противофильтрационной облицовки канала (осредненный коэффициент фильтрации конструкции) (по ГОСТ 12730.5-85)

$$k'_{\text{обл}} = \eta_{\text{в}} \frac{Q_{\text{обл}} \cdot \delta_o}{(h_o + \delta_o) F_{\text{обл}}}, \quad (4)$$

где  $Q_{\text{обл}}$  – фильтрационный расход через облицовку на площади  $F_{\text{обл}}$ ;

$F_{\text{обл}}$  – площадь поверхности облицовки;

$\delta_o$  – толщина облицовки;

$h_o$  – глубина воды над облицовкой;

$\eta_{\text{в}}$  – коэффициент, учитывающий вязкость воды (по ГОСТ 12730.5-84 [6]  $\eta_{\text{в}} = 1$  при  $T = 20$  °C).

Показатель водонепроницаемости облицовки принимается по СНиП 2.06.03-85 [7], в зависимости от типа облицовки при нормальном техническом состоянии: для бетонных и железобетонных облицовок –  $0,80 \cdot 10^{-6}$  см/с, бетонопленочных облицовок –  $0,35 \cdot 10^{-6}$  см/с. При удовлетворительном техническом состоянии по рекомендациям, Ю. М. Косиченко [8]: для бетонных и железобетонных облицовок –  $(2,5-3,5) \cdot 10^{-6}$  см/с, бетонопленочных облицовок –  $(0,5-1,5) \cdot 10^{-6}$  см/с. При неудовлетворительном техническом состоянии: для бетонных и железобетонных облицовок – более  $3,5 \cdot 10^{-6}$  см/с, бетонопленочных – более  $1,5 \cdot 10^{-6}$  см/с.

Физический износ поврежденных участков конструкции или сооружения принимается по данным экспертных оценок и проведенных

обследований в зависимости от степени повреждения. Для примера, в таблице 1 приведены значения физического износа облицовок каналов.

Таблица 1

**Физический износ облицовок каналов (по экспертным оценкам)**

№ п/п	Признаки износа	Физический износ, %
1	Мелкие трещины (волосяные) и раковины на поверхности бетона облицовки на площади до 10 %, незначительные разрушения швов облицовки до 10 % их длины без нарушения их герметичности	0-20
2	Средние трещины, разрушения бетонной поверхности облицовки (раковины, шелушения, выбоины, сколы) и швов до 30 % площади их поверхности и длины швов с нарушением их герметичности	21-40
3	Крупные трещины и значительные разрушения бетонной облицовки и швов до 50 % площади их поверхности и длины швов с полной потерей их герметичности	41-60

В таблице 2 представлены результаты оценки технического состояния ряда каналов Ростовской области с учетом данных проведенных натурных обследований ФГНУ «РосНИИПМ» в 2009 году. В таблице указаны обнаруженные дефекты и деформации каналов и показатели технического состояния, которые определялись как визуально, так и с помощью необходимых инструментов и оборудования.

Так, для Азовского магистрального канала, который выполнен на всем протяжении в земляном русле и эксплуатируется уже 57 лет, общий физический износ сооружения с учетом износа его участков составил более 30 %, показатель прочности и устойчивости – 0,85, фактический КПД (по данным службы эксплуатации) – 0,78. В соответствии с ранее указанной градацией, техническое состояние канала оценивается как неудовлетворительное. Это также было подтверждено визуальными наблюдениями: по всей длине канала наблюдается значительное зарастание откосов, уменьшающее площадь живого сечения русла канала, согласно исследованиям [1], до 30-40 %, на отдельных участках канала обнаружены значительные деформации в виде размывов, обрушений и оплывов откосов размерами до 3-5 м и глубиной до 0,2-0,7 м, на ряде участков имеется заиление слоем до 0,3-0,5 м.

Для межхозяйственных распределительных каналов Багаевско-Садковской ОС Бг-Р-7 и Бг-Р-8, выполненных в бетонной облицовке по полиэтиленовой пленке (бетонопленочной конструкции), физический износ основных элементов составляет 10-15 %, показатель

Таблица 2

**Техническое состояние оросительных каналов, по данным обследований**

Наименование канала	Год ввода	Длина, км	Расход, м <sup>3</sup> /с	Русло канала	Обнаруженные дефекты и деформации	Физический износ	Прочность и устойчивость	Коэффициент полезного действия	Водонепроницаемость облицовки, 10 <sup>-6</sup> см/с	Техническое состояние
Азовский МК	1953	92,2	22,0	земл.	Заращение откосов по всей длине, размывы, обрушения, оплывы, заиление	более 30 %	0,85-0,90	0,78/0,83/0,90	-	неудовл.
Бг-Р-7	1954	22,6	6,5-7,5	облиц.	Разрушение плит облицовки и швов, частичное заращение откосов и дна, заиление дна	10-15 %	0,90-0,95	0,85/0,95/0,93	2,94	удовл.
Бг-Р-8	1954	25,2	5,8-9,0	облиц.	Разрушение плит облицовки и швов, заращение откосов	10-15 %	0,90-0,95	0,87/0,96/0,93	1,50	удовл.
Примечание: Прочность и устойчивость приведены в долях от нормативного значения; коэффициент полезного действия приводится для трех условий: первое значение – фактическое; второе значение – проектное; третье – нормативное по СНиП.										

прочности и устойчивости – 0,85, КПД – 0,85-0,87. По показателю водонепроницаемости, облицовки канала Бг-Р-7 имеют неудовлетворительное, а канал Бг-Р-8 – удовлетворительное состояние.

В целом, с учетом всех полученных показателей техническое состояние каналов Бг-Р-7 и Бг-Р-8 оценивается как удовлетворительное, несмотря на значительный срок их службы (57 лет), что объясняется наличием облицовки русла каналов и периодическим проведением ремонта швов и плит облицовки. Отмеченные обстоятельства обеспечили более высокий КПД этих каналов, по сравнению с Азовским МК на 7-10 %.

### **Выводы.**

1. Предложена оценка технического состояния русел земляных и облицованных каналов оросительных систем по четырем диагностическим показателям: физическому износу, прочности и устойчивости, коэффициенту полезного действия и водонепроницаемости конструкции облицовки.

2. С учетом результатов проведенных обследований ФГНУ «РосНИИПМ» ряда оросительных каналов Ростовской области на основании анализа полученных диагностических показателей была выполнена оценка технического состояния трех каналов: Азовского МК, межхозяйственных распределителей Багаево-Садковской ОС Бг-Р-7 и Бг-Р-8.

3. Апробация предложенной оценки технического состояния на примере действующих каналов показала возможность ее использования и для других объектов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1 Косиченко Ю. М. Каналы переброски стока России. – Новочеркасск: НГМА, 2004.

2 Косиченко Ю. М. Вероятностная модель эксплуатационной надежности крупных каналов / Ю. М. Косиченко, Ю. И. Иовчу, М. Ю. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 12.

3 Волков В. И. О терминологии нормативно-правовых документов, связанных с обеспечением безопасности гидротехнических сооружений / В. И. Волков, Г. М. Каганов // Гидротехническое строительство. – 2010. – № 3.

4 ВСН 52-86 (р). Правила оценки физического износа жилых зданий / Госгражданстрой, 1986.

5 СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения // Госстрой России, 2003.

6 ГОСТ 12730.5-84 (1994) Бетоны. Методы определения водонепроницаемости / Госстрой СССР. – М., 1984.

7 СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения / ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

8 Косиченко Ю. М. Обеспечение противофильтрационной эффективности и надежности облицовок оросительных каналов // Доклад ВАСХНИЛ, 1988. – № 3.

УДК 626.823.001.25

**Д. В. Бакланова** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА КАНАЛАХ**

По данным мелиоративного кадастра, протяженность оросительной сети составляет 315 тыс. км. Так как срок эксплуатации каналов оросительных систем составляет от 30 до 55 лет, многие из них характеризуются ухудшенным техническим состоянием, а следовательно и возможностью возникновения различных аварийных ситуаций.

Несвоевременное выявление и неустраненные дефекты и повреждения перерастают в серьезные конструктивные нарушения работы каналов и невозможность их дальнейшей эксплуатации.

Эксплуатационные работы по содержанию каналов и их русел состоят из наблюдений за состоянием каналов, их охраны от повреждений, а также текущего, капитального и аварийного ремонтов.

В данном докладе рассматриваются виды аварийных ситуаций, возникающих на каналах, приведены примеры аварий на каналах России и зарубежья. Возможные сценарии аварийных ситуаций на каналах можно систематизировать – разделить на два уровня (рисунок 1).

На первом уровне выделяют три группы сценариев, основанных на воздействии гидравлических, фильтрационных и оползневых процессов.

На втором уровне показаны конкретные сценарии разрушения каналов, относящихся к трем выделенным группам.



**Рис. 1. Схема возможных аварий на каналах**

В качестве сценариев, обусловленных гидравлическими факторами, можно выделить:

1. Перелив воды через гребень канала с образованием прорана. Возникновение прорана в дамбе, ограждающей водоток, может быть результатом как технологических недостатков (слабый грунт, трещины), так и внешних воздействий. При образовании прорана в него поступает вода, как из вышележащего, так и из нижележащего участка канала [1].

Аварии, связанные с переливом воды через бровки канала, наблюдались на косогорах Большого Ставропольского канала (БСК), на Хамотинской оросительной системе произошел размыв левой бровки магистрального канала с образованием прорана (рисунок 2).



**Рис. 2. Размыв левой бровки и образование прорана на магистральном канале Хамотинской оросительной системы ПК 26+50**

Аналогичные ситуации складывались и в Грузии, на Тези-Октамской оросительной системе, после пуска которой, на косогорном участке канала, на трех отрезках общей длиной до 300 м произошли прорывы левого борта; в Армении – на Малом Октемберянском магистральном канале [2].

2. Опасные деформации русла каналов при размывах. Деформации продольного профиля канала могут возникнуть из-за неправиль-

ного пуска воды в канал в виде внезапных попусков большими расходами. В результате такого неправильного маневрирования водным потоком происходит размыв продольного профиля канала.

Деформации участков сопряжения дамб с подпорными стенками и устоями сооружений выражаются в виде просадок грунта на сопрягающих участках, образования пустот, прососов воды.

Размывы откосов и отложения наносов в виде кос происходят из-за неправильного положения динамической оси потока по отношению к оси канала, вызывающего на одном участке размыв берега, а на другом – отложение наносов [3].

Такие деформации русел появлялись на Право-Егорлыкском, Невинномысском, Терско-Кумском [4], Саратовском каналах, на канале Иртыш-Караганда [5].

На БСК-1 совпадение трассы канала с направлением ветров привело к возникновению продольных вдольбереговых течений и, соответственно, повсеместному разрушению внутренних бортов канала, с образованием подсечек и размывов размером до 1,5 м [6].

3. Повышение уровня воды в канале вследствие снижения пропускной способности русла может возникать при интенсивном зарастании русла канала водной растительностью, отложением большого количества наносов. В связи с этим, необходимо своевременно очищать русло канала.

Интенсивному зарастанию подвержены: Донской МК, Азовский МК, Пролетарский МК, и др.

Для группы сценариев, обусловленных фильтрационными процессами, можно выделить:

1. Выход фильтрационного потока на низовой откос свидетельствует о наличии в дамбе канала или в его основании свободных ходов фильтрации.

Данная ситуация наблюдалась при первоначальной замочке БСК-1. На первых 8 км после начала замачивания на внешних откосах появились выходы фильтрационных вод [6].

Выход фильтрационного потока через тело дамбы также наблюдался на Ушаковском МК в Астраханской области.

2. Разрушение дамбы на участке канала вследствие образования карстово-суффозионных процессов.

Суффозия сопровождается оседанием вышележащей толщи с образованием на поверхности западин, небольших суффозионных воронок и блюдец. Карстовые явления связаны с наличием пустот в грунтах слагающих русло и дно каналов.

По данным наблюдений службы эксплуатации БСК, вследствие интенсивной локальной фильтрации, при работе первой очереди, неоднократно возникала угроза прорыва дамб, вызванная карстово-суффозионными процессами [7].

Таким же воздействиям подверглись Самгорская и Тези-Октамская оросительные системы Грузии [2]. На каналах этих оросительных систем появились деформации в виде воронок, отверстий и просадок.

### 3. Образование трещин, просадок дамбы и ложа канала.

Просадка ложа характерна для новых каналов, проходящих в грунтах с большой пористостью или подстилаемых недостаточно уплотненными породами. В результате воздействия фильтрационных вод грунты уплотняются, на каналах появляются продольные трещины, все ложе канала опускается.

Просадка дамбы происходит в результате уплотнения тела сооружения и грунта под ним. Просадка дамбы свидетельствует о наличии в ней пустот, местных выносов грунта.

Такие деформации наблюдались на БСК, при этом деформации ложа канала были вызваны недостаточным уплотнением грунта дна канала [7].

### 4. Повышение уровня грунтовых вод является следствием интенсивной фильтрации. На БСК-1 нередко наблюдалось повышение уровня грунтовых вод, что приводило к подтоплению и затоплению прилегающих территорий населенных пунктов и пахотных земель [4].

Оползневые процессы могут проявляться в виде:

1. Внезапного перекрытия русла канала оползнем с переливом воды через гребень дамбы. Этот вид деформаций является аварией. Резко снижается пропускная способность, повышается уровень воды в канале, в результате чего может произойти перелив воды через гребень дамбы и образование прорана.

Оползни происходят на участках с неправильно заложенными откосами, а также на грунтах предрасположенных к оползанию.

Интенсивным обрушениям и оползням подвергались русла каналов Иртыш-Караганда [8], Большой Ставропольский [7], Донской МК, Пролетарский МК.

2. Разрушение дамбы на участке канала в насыпи наблюдалось на БСК-1. На некоторых участках проходит в высоких насыпях (до 25 м), которые за 40 лет эксплуатации канала без остановки на профилактику и ремонт, стали представлять высокую аварийную опасность. Таким участкам следует уделять повышенное внимание.

3. Образование выпучивания массы грунта с низовой стороны дамбы канала свидетельствует об аварии в основании сооружения, грозящей прорывом.

#### **Выводы:**

- представлена классификация видов аварийных ситуаций, возникающих вследствие гидравлических, фильтрационных и оползневых процессов;

- на основе опыта эксплуатации каналов указаны случаи аварийных ситуаций на каналах России и зарубежья;

- выполнение правил эксплуатации позволит предупредить возникновение аварийных ситуаций. Большое внимание следует уделять участкам каналов на косогорах, насыпным участкам дамб, дамбы должны быть укреплены противофильтрационными облицовками, при эксплуатации канала необходимо своевременно удалять растительность и мелкие деревья, но все меры по обеспечению безопасной и надежной работы каналов применимы только в комплексе.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1 Алиев Т. А., Тарабанов И. В. Приложение гидравлики и динамики русловых потоков в задачах охраны малых рек степной зоны РФ: Рекомендации / под ред. д-ра техн. наук, проф. Д. В. Штеренлихта. – М.: Академия водохозяйственных наук, 1997. – 228 с.

2 Терлецкая М. Н. Каналы в водонеустойчивых грунтах аридной зоны. – М.: Колос, 1983. – 96 с.

3 Шаров И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. – М.: Гос. изд. с.-х. лит-ра, 1959. – 576 с.

4 Косиченко Ю. М. Каналы переброски стока России. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 470 с.

5 Алтунин В. С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. – М.: Колос, 1979. – 255 с.

6 Запорожченко Э. В. Инженерно-геологический опыт проектирования, строительства и эксплуатации первой очереди Большого Ставропольского канала. – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 1974. – 124 с.

7 Байгоров Ю. У., Косиченко Ю. М., Сергеев Б. И. Применение пленочных противofiltrационных экранов для ремонтных работ Большого Ставропольского канала // Гидротехническое строительство. – 1981. – № 6. – С. 40-43.

8 Смирнов А. Е. Канал Иртыш-Караганда // Гидротехника и мелиорация. – 1974. – № 7. – С. 20-27.

УДК 627.824-192

**К. В. Морогов** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **ПРИЧИНЫ АВАРИЙ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН**

История плотин – это история их аварий, во всяком случае до начала 20-го столетия, т.е. до начала научно-технической революции, когда стало возможным обосновывать проекты плотин и их конструкций, опираясь на нормативно-методические документы, обеспечившие возведение надежных и безопасных сооружений. Однако даже в настоящее время аварии плотин имеют место. Хотя некоторые из грунтовых плотин, даже возведенные задолго до н.э., находятся и сейчас в рабочем состоянии, демонстрируя тем самым огромный запас прочности этих сооружений.

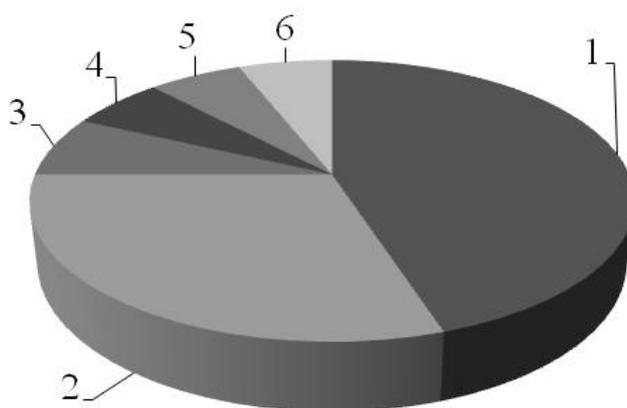
Надежностью различных сооружений на практике человечество интересовалось давно, но несовершенная методика расчета, отсутствие фундаментальной теоретической базы, недостаточное использование методов математики и механики не позволяли ранее получать удовлетворительные результаты по прогнозу надежности.

По данным Международной Комиссии по большим плотинам СИГБ [1], в мире в конце 20-го столетия было зарегистрировано около 45000 больших (выше 15 м) плотин разных типов. Если еще учитывать плотины ниже 15 м, то общее их количество достигает около 150000.

Несоблюдение правил надежности приводит к эксплуатационным неполадкам, повреждениям (отказам), а иногда к авариям и разрушениям гидротехнических сооружений и в первую очередь – напорных сооружений, а именно – плотин. В работе [2] отмечается, что наибольшее количество аварий ГТС, известных за рубежом, приходится на плотины из грунтовых материалов (до 77 %). Именно такие плотины наиболее характерны для ГТС мелиоративного назначения.

На возникновение аварий на плотинах влияют следующие основные факторы, показанные на рисунке 1:

1. Неправильный учет гидравлических условий (45 %).
2. Несоответствие типа и конструкции сооружения природным условиям (30 %).
3. Недостаточная изученность геологических условий (7 %).
4. Ошибки эксплуатации (6 %).
5. Влияние окружающей среды (6 %).
6. Прочие условия (6 %).



**Рис. 1. Основные причины аварий на грунтовых плотинах:**

Описания некоторых характерных аварий грунтовых плотин представлены ниже и отражают их особенности проявления в процессе эксплуатации.

Плотина Болдуин Хилз (США) [3]. Плотина высотой более 20 м была построена в 1951 году в юго-западной части Лос-Анджелеса для водоснабжения населения города. Плотина создала водохранилище объемом 1,1 млн м<sup>3</sup>. В целях уменьшения потерь воды на фильтрацию из водохранилища его ложе было покрыто уплотненным слоем мало-водопроницаемого грунта. В основании плотины и ложа водохранилища залегали илистые песчаники третичного периода.

В декабре 1963 г., т.е. после 12 лет эксплуатации, в дренажных трубах северного участка плотины было зафиксировано резкое увеличение притока воды. Несмотря на экстренные меры по спуску воды из водохранилища, приток воды в дренажные трубы и через тело плотины на северо-восточном участке увеличивался, что в итоге привело к размыву тела плотины. Вода заполнила многие улицы города, которые оказались в зоне влияния аварии плотины. Городу и населению был причинен огромный материальный ущерб.

Анализ показал, что авария явилась следствием трещинообразования и смещения горных пластов в ложе водохранилища и под плотинной. Именно по трещинам вода устремилась в нижний бьеф и размывала тело плотины. Смещение горных пород произошло под влиянием работ по добыче нефти, ведущихся в этом районе.

В процессе эксплуатации грунтовых плотин всегда есть некоторая вероятность того, что расход паводка или сила землетрясения достигнут значений, превышающих проектные, и тогда возможны аварии плотин.

Плотина Эуклидес да Кинча (Бразилия) высотой 63 м была построена в 1960 г. Водосброс плотины и туннель были рассчитаны на пропуск, расхода  $2340 \text{ м}^3/\text{с}$ . Во время паводка 1977 г. вода не только шла через водосбросные сооружения, но и переливалась через гребень плотины слоем толщиной 1,26 м. Размыв плотины произошел в правобережном примыкании, при этом было разрушено около одной трети насыпи плотины.

Плотина Гуддах (Индия) – грунтовая, высота 29 м, построена в 1956 г. Первое разрушение произошло из-за некачественного примыкания тела плотины к сопрягающей стенке, выполненной из каменной кладки. Из-за появления и развития фильтрации по контакту грунта с каменной кладкой возникла значительная фильтрация. Образовалась промоина глубиной 10 м. Плотина была отремонтирована. После этого при заполнении водохранилища произошло второе разрушение плотины в том же месте. Во время второго ремонта верховой откос уположили, уложив на него глиняный экран. При этом обращалось особое внимание на качество производства работ.

На плотине Владимирского водохранилища во время перелива образовался прорыв в центральной части плотины. В ходе прохожде-

ния летне-осеннего паводка сложилась аварийная ситуация на гидротехнических сооружениях Ново-Георгиевского водохранилища. Произошел отрыв лотковой части паводкового водосбора, вследствие чего начался размыв основания водослива и прилегающего участка низового откоса плотины. В целях предотвращения развития аварии была срочно произведена отсыпка скального грунта в основание водослива и плотины.

В течение 1996-2006 гг. федеральными и региональными органами исполнительной власти уделялось определенное внимание различным аспектам обеспечения безопасности гидротехнических сооружений. Во исполнение Закона РФ «О безопасности гидротехнических сооружений», ряда принятых Правительством РФ Постановлений, а также ведомственных нормативных документов, частично завершен первый этап инвентаризации гидротехнических сооружений, пополняется Регистр гидротехнических сооружений и проводится их обследование; для ряда объектов представлены и утверждены Декларации безопасности. Созданы федеральные надзорные органы, осуществляющие надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.

Из приведенных примеров разрушения грунтовых плотин следует, что опасность возникновения аварий значительно возрастает, как правило, во время паводка. Разрушение плотин, в некоторых случаях, может быть предотвращено силами службы эксплуатации, если своевременно обеспечить нормальную работу гидромеханического оборудования, срабатывать водохранилище, наблюдать за фильтрацией, поддерживать в надлежащем состоянии водосбросы.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Вероятностные методы оценки надежности грунтовых гидротехнических сооружений / Белендир Е. Н. и [др.]. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Веденеева Б. Е.», 2003.

2 Розанов Н. С. Аварии и повреждения больших плотин / Н. С. Розанов, А. И. Царев, Л. П. Михайлов; под ред. А. А. Борового. – М.: Энергоатомиздат, 1986 г.

3 Тику Току Аварии на насыпных плотинах и их предупреждение (перевод) // *Damų Nixon*, 1977.– Vol. 1. – P. 63-76.

## **АНАЛИЗ СОПРЯЖЕНИЯ ПОТОКОВ ЗА МАЛЫМИ ВОДОПРОПУСКНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ<sup>1</sup>**

К малым водопропускным сооружениям относятся малые мосты, дорожные водопропускные трубы и трубчатые сооружения (башенные, шахтные, сифонные водосбросы, акведуки, дюкеры) [4].

Для пропуска необходимых расходов в настоящее время в основном применяются трубы круглого сечения [5]. При гидравлическом расчете труб самостоятельно рассматриваются входной и выходной участки.

Расчет входного участка заключается в определении диаметра или отверстия трубы. В результате расчета выходного участка должны быть определены условия, обеспечивающие устойчивость сооружения со стороны нижнего бьефа.

По режиму протекания потока в пределах сооружения трубы подразделяются на безнапорные, полунапорные и напорные.

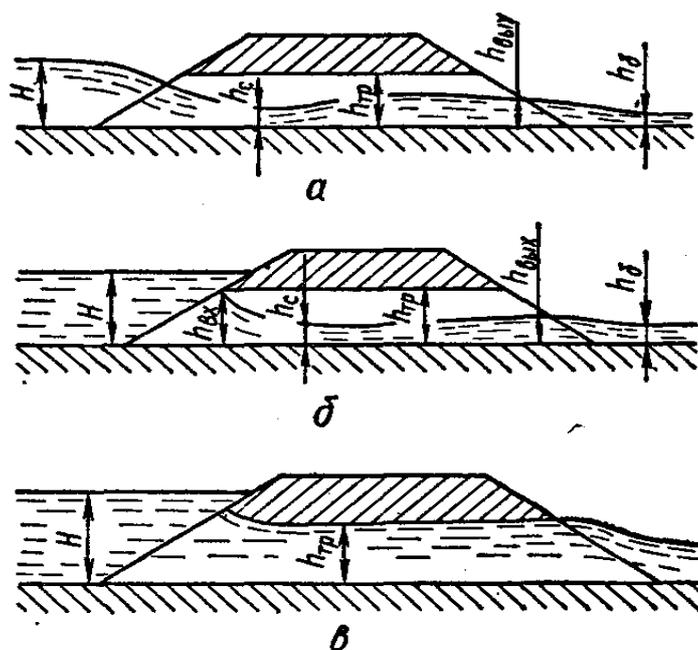
Безнапорный режим протекания потока характеризуется наличием свободной поверхности потока на всем протяжении трубы (рисунок 1, а).

Полунапорный режим протекания потока в трубе имеет два характерных участка: участок на входе и основной (рисунок 1, б). Входной участок характеризуется затопленным входом в трубу, где поток соприкасается по всему периметру со стенками трубы. Входной участок заканчивается сжатым сечением с глубиной меньше критической, затем поток протекает со свободной поверхностью. Следует отметить, что пропускная способность полунапорных труб больше, чем безнапорных.

Напорный режим протекания потока в трубах характеризуется тем, что все поперечное сечение сооружения по всей длине полностью заполнено водой (рисунок 1, в). В этом случае кривая свободной поверхности может быть только лишь на выходном участке трубы, где сказывается влияние кривизны потоков. При напорном режиме трубы обладают наибольшей пропускной способностью.

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.



**Рис. 1. Режимы протекания потока**

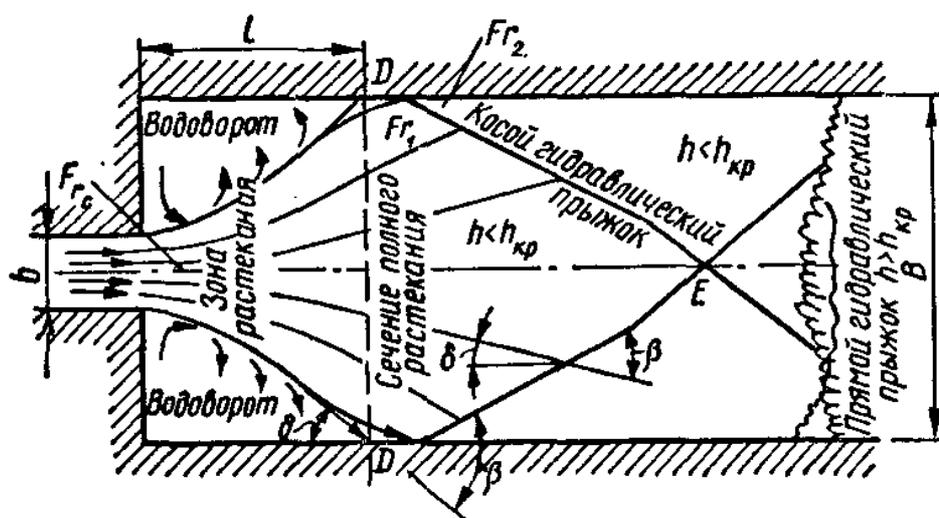
Скорости потока на выходе за малыми водопропускными сооружениями достигают 5-6 м/с, а допускаемые скорости для грунтов в неукрепленных отводящих руслах составляют 0,7-1,0 м/с. В связи с этим появляются местные размывы и поэтому расчеты выходных участков за сооружениями представляют актуальность.

Расчет выходного участка за сооружением заключается в обеспечении условий, предотвращающих размыв сооружения со стороны нижнего бьефа. Он сводится к анализу форм сопряжения потока, определению гидравлических характеристик растекающегося потока, анализу местных размывов и учету наиболее опасного из них, выбору типа и размеров укрепления выходного участка.

Исходными данными для расчетов выходных участков являются гидравлические характеристики потока на выходе из труб, а также данные о топографических условиях. В большинстве случаев отводящее русло имеет большую ширину, чем отверстие сооружения. Формы пространственного сопряжения потока за сооружением определяются уклоном отводящего русла, а также соотношением глубин потока на выходе растекающегося потока и бытовой в условиях нестесненного русла.

Наиболее сложным является сопряжение потоков в узких нижних бьефах. При этом резко увеличиваются глубины потока и образуются косые гидравлические прыжки в местах набегания крайних

струек бурного потока на боковые стенки русла – в так называемом сечении полного растекания со средней глубиной в нем. Эти косые прыжки распространяются вниз по течению и переходят в обычный прямой гидравлический прыжок (рисунок 2). С увеличением бытовой глубины прямой гидравлический прыжок приближается к предельному своему положению в сечении полного растекания. При дальнейшем увеличении бытовой глубины происходит затопление прыжка в сечении полного растекания, прорыв водных масс в водоворотные зоны и переход к сбойному течению, характеризующемуся неустойчивостью движения [2, 6].



**Рис. 2. Движение жидкости в узких нижних бьефах**

Положение гидравлического прыжка определяется соотношением между бытовой глубиной потока в отводящем русле  $h_0$ , глубиной, сопряженной с глубиной на выходе из сооружения  $h_{\text{вых}}$ , и глубиной, сопряженной с глубиной в сечении полного растекания  $h_p''$ .

При этом возможны три случая (при  $i_0 < i_{кр}$ ):

а)  $h_p'' > h_0$ , то будет свободное растекание потока с отогнанным прыжком за сечением полного растекания (рисунок 2);

б)  $h_{\text{вых}} > h_0 > h_p''$  – прыжок находится между сечением полного растекания и выходным сечением сооружения, то есть имеет место сбойное течение (рисунок 3);

в)  $h_{\text{вых}} < h_0$  – выходное сечение затоплено, то есть имеет место сопряжение потока по типу покрытой струи или затопленного прыжка (рисунок 4).

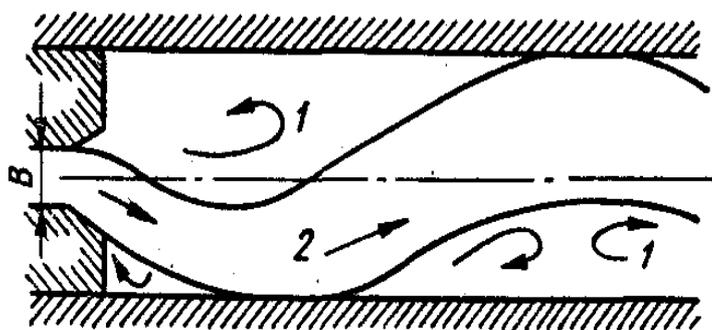


Рис. 3. Схема полусвободного растекания потока

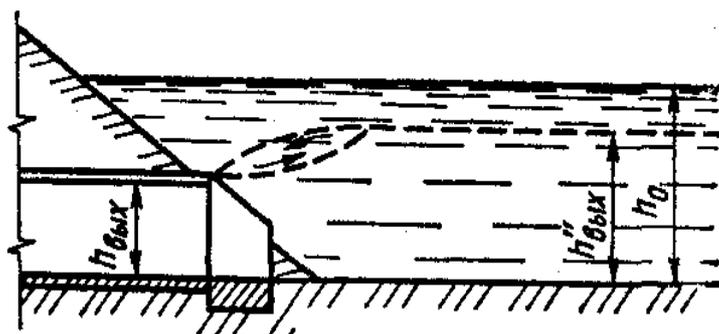


Рис. 4. Схема сопряжения потока по типу затопленного прыжка

В зависимости от формы сопряжения потока на выходных участках могут быть следующие три вида размывов.

1. При свободном растекании потока глубина местного размыва

$$\Delta_1 = h_0 \left( \frac{V_{\max}}{V_{\text{дон}}} - 1 \right), \quad (1)$$

где  $h_0$  – бытовая глубина потока в отводящем русле;

$V_{\max}$  – максимальная скорость потока;

$V_{\text{дон}}$  – допускаемая скорость потока.

2. При прыжковом сопряжении бьефов глубина размыва

$$\Delta_2 = 0,85h_0. \quad (2)$$

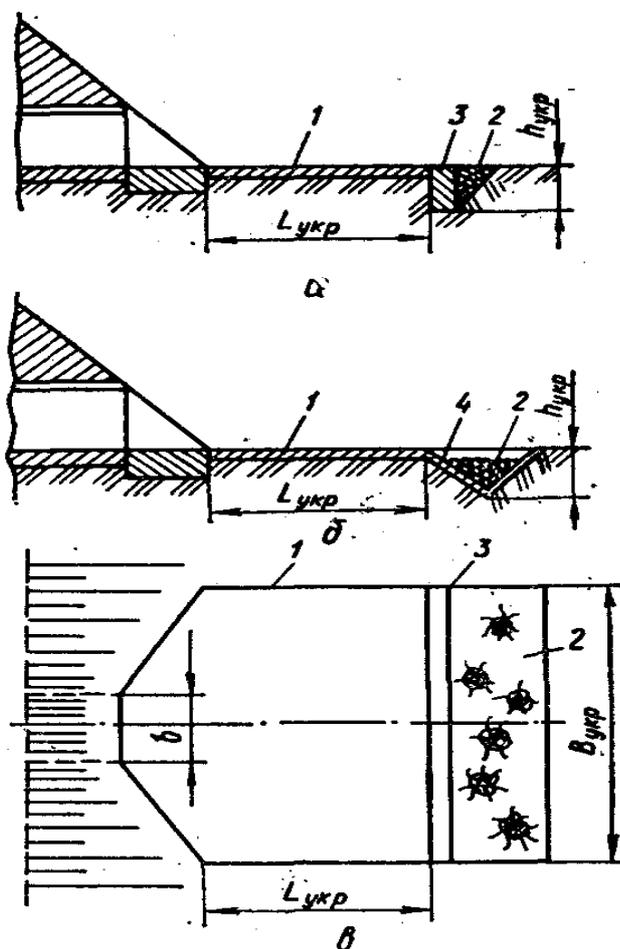
3. При наличии сбойного течения глубина местного размыва

$$\Delta_3 = 1,5h_0. \quad (3)$$

Крепится отводящее русло за сооружением тогда, когда скорость на выходе превышает допускаемую для неукрепленного грунта в бытовых условиях в 1,2 раза [7].

В настоящее время применяют конструкции креплений с вертикальным уступом или с предохранительным откосом (рисунок 5). Глубину заложения концевой части крепления назначают на глубине максимального размыва

$$h_{укр} > \Delta_p. \quad (4)$$



**Рис. 5. Конструкция крепления с предохранительным откосом**

При сопряжении бьефов по типу отогнанного прыжка проектируются гасители энергии в виде водобойного колодца, водобойной стенки и комбинированного водобойного колодца [1, 3].

Таким образом, анализ сопряжения потоков за малыми водопропускными сооружениями указывает, что рассматриваемые сооружения работают в весьма сложных и тяжелых условиях и требуют тщательного расчета мощности и длины крепления с учетом величин актуальных придонных скоростей и интенсивности турбулентности потока на значительном расстоянии от выходного сечения трубы или установки специальных гасящих устройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Гидротехнические сооружения: учебник для студентов вузов (в двух частях) / под ред. М. М. Гришина. – М.: Высш. Школа, 1979. – Ч. 1. – 615 с.

2 Павловский Н. Н. Гидравлический справочник. – М.: ОНТИ, 1937. – 890 с.

3 Павловский Н. Н. Основы гидравлики, открытые русла и сопряжение бьефов: собрание сочинений. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – Т. 1. – 547 с.

4 СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения // Госстрой России, 2003. – 80 с.

5 СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения / ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 60 с.

6 Справочник по гидравлике / под ред. В. А. Большакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1984. – 343 с.

7 Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974. – 312 с.

УДК 626.823:626.826

**М. Ю. Косиченко** (ФГОУ ВПО «ЮРГТУ (НПИ)»),

**М. А. Чернов** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ОСРЕДНЕННОГО КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОК КАНАЛОВ**

Надежность и противофильтрационная эффективность облицовок каналов и экранов водоемов зависит от многих факторов, среди которых следует выделить: конструктивные, технологические и эксплуатационные. В бетонопленочных облицовках противофильтрационная эффективность зависит от целостности противофильтрационного элемента. Ранее и по настоящее время в качестве противофильтрационного элемента в конструкциях облицовок используется полиэтиленовая пленка толщиной 0,2 мм, при этом фильтрационные потери сокращаются до 10 раз, но в некоторых случаях противофильтрационная эффективность снижается, иногда практически до нуля,

в результате значительной поврежденности пленочного экрана, достигающей 0,20-0,37 %.

В настоящей статье рассматривается расчет основной характеристики водопроницаемости облицовки – осредненного коэффициента фильтрации с учетом натуральных данных повреждаемости пленочного противofильтрационного элемента (ПФЭ) облицовки. Повреждаемость противofильтрационного элемента конструкции выражается радиусом условного отверстия  $r_{\text{усл}}$  повреждения, приведенным к единице площади в  $\text{м}^2$ .

Определить радиус условного отверстия можно при проведении натурального обследования на объекте, путем суммирования площадей поврежденных участков ПФЭ. Для определения данных повреждаемости ПФЭ под защитным покрытием использовались геофизические методы (метод электропрофилеирования), а также визуальный метод путем контрольной съемки плит облицовки или устройства шурфов на грунтопленочных экранах.

Радиус условного отверстия повреждения, приведенного к площади экрана в  $1 \text{ м}^2$  вычислялся по формулам:

$$r_{\text{усл}} = \sqrt{\frac{\bar{\Pi} \cdot 100}{\pi}} \text{ (см)} \text{ или } r_{\text{усл}} = \sqrt{\frac{\Sigma \omega_{\text{повр}} \cdot 10^4}{\pi \cdot F_{\text{общ}}}} \text{ (см)}, \quad (1)$$

где  $\bar{\Pi}$  – среднестатистическая повреждаемость пленочного элемента в %;

$\Sigma \omega_{\text{повр}}$  – сумма площадей всех обнаруженных повреждений на общей площади обследования  $F_{\text{общ}}$ , в  $\text{м}^2$ .

Использование обобщенных натуральных данных повреждаемости противofильтрационных элементов в конструкциях бетонопленочных и грунтопленочных противofильтрационных облицовок и данных лабораторных исследований повреждаемости геомембран из полиэтилена высокой плотности, позволяет построить гистограммы распределения частот радиусов условных отверстий.

Для грунтопленочных экранов можно принять гипотезу о распределении повреждений по закону редких явлений удовлетворяющем закону Пуассона [1, 2]:

$$P_m = \frac{\lambda^m e^{-\lambda}}{m!}, \quad (2)$$

где  $P_m$  – вероятность распределения;

$\lambda$  – интенсивность распределения повреждений;

$m$  – число интервалов распределения (0, 1, 2... n).

Вероятность распределения повреждений, определяется используя данные натуральных наблюдений путем статистической обработки [2] где  $\lambda = 1,0$ .

Проведенная обработка данных для облицовок с пленочными экранами позволила получить формулу вероятности распределения повреждаемости ПФЭ из зависимости (2) в виде

$$P_m = \frac{(1,0)^m e^{-1}}{m!} = \frac{0,368}{m!}. \quad (3)$$

Формула вероятности распределения повреждений для облицовки с геомембраной при  $\lambda = 3,302$  получит вид

$$P_m = \frac{(3,302)^m}{m!} e^{-3,302}. \quad (4)$$

Общая формула распределения повреждений по площади  $F_0$  записывается в виде:

$$P_m = \frac{(\lambda F_0)^m}{m!} e^{-\lambda F_0}. \quad (5)$$

Отсюда зависимости (3) и (4) для любой площади облицовки  $F_0$  будут следующими:

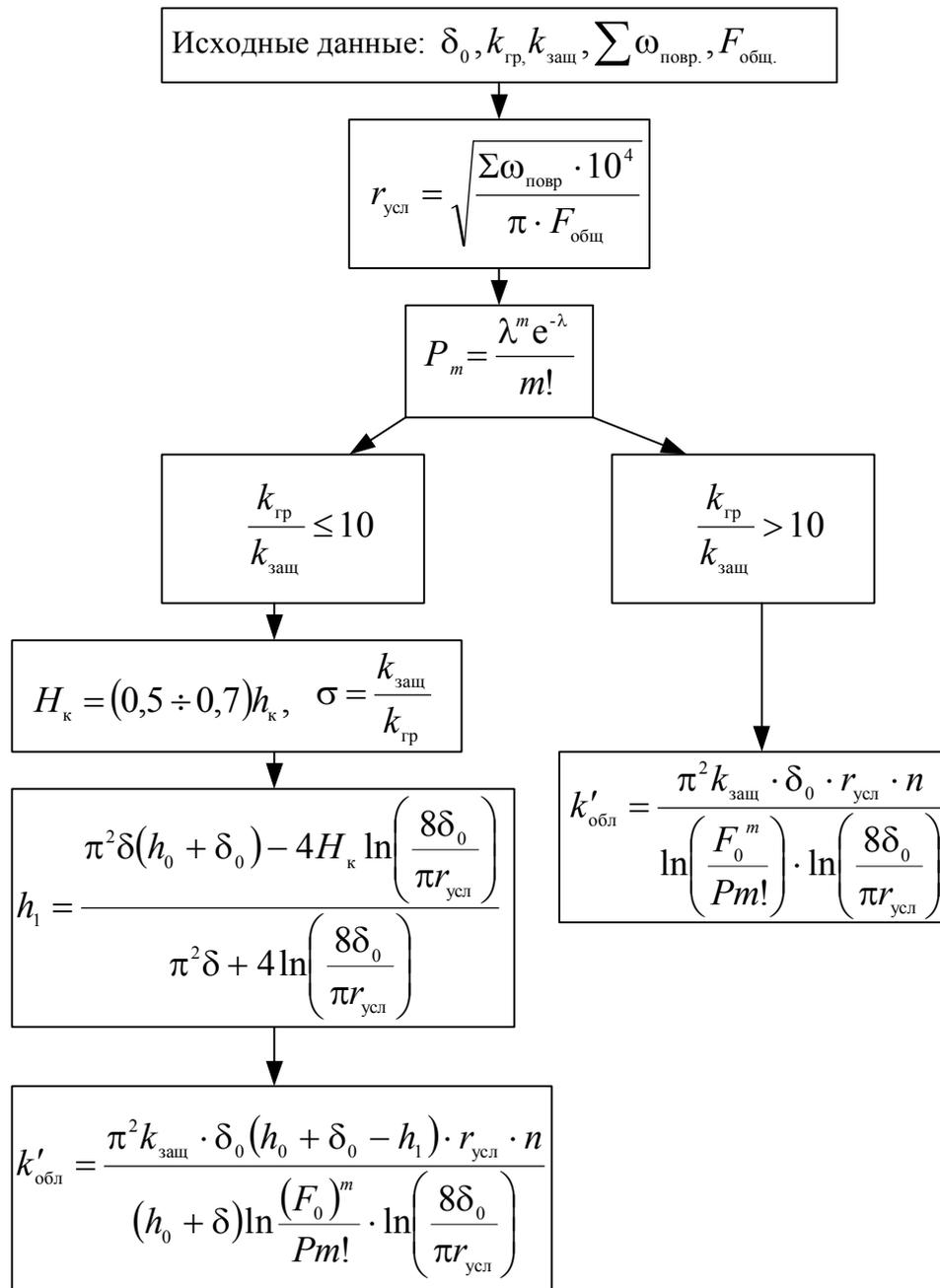
$$P_m = \frac{F_0^m}{m!} e^{-F_0}, \quad (6)$$

$$P_m = \frac{(3,302 \cdot F_0)^m}{m!} e^{-3,302 F_0}. \quad (7)$$

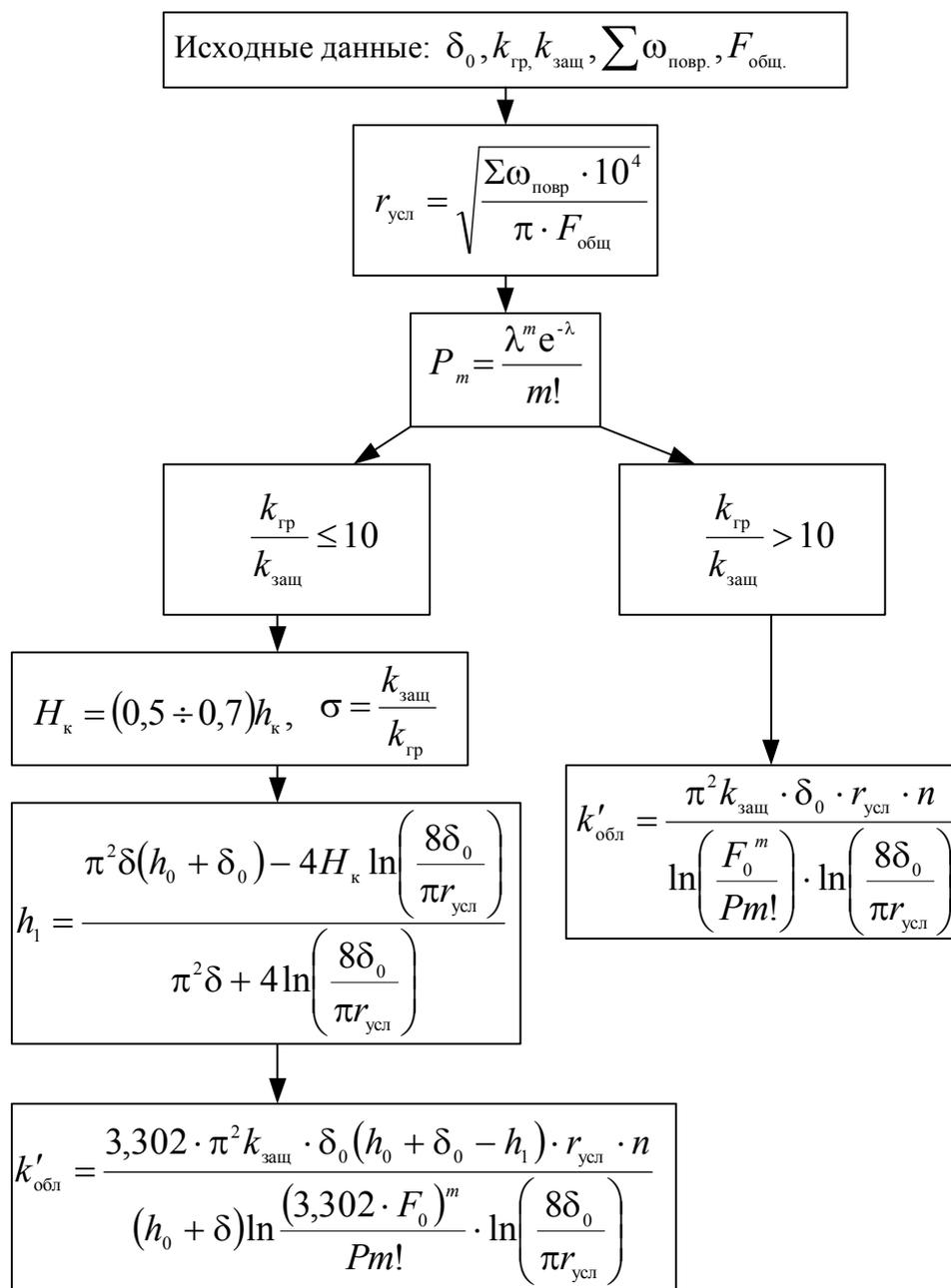
На основе использования полученных результатов о распределении повреждений по закону редких явлений (Пуассона) найдем зависимости для расчета осредненных коэффициентов фильтрации облицовок с ПФЭ из пленки и геомембраны с учетом условного радиуса повреждения, приведенного к  $1 \text{ м}^2$ . С этой целью из общей формулы (5) выразим путем логарифмирования  $F_0$

$$F_0 = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{(\lambda F_0)^m}{P m!}. \quad (8)$$

С учетом полученных зависимостей о распределении поврежденных по закону Пуассона и используя известные приближенные зависимости Ю. М. Косиченко [4] для определения  $k'_{обл}$  составлены алгоритмы компьютерных расчетов осредненного коэффициента фильтрации бетонопленочных облицовок и грунтопеночных экранов (рисунки 1, 2).



**Рис. 1. Последовательность расчета осредненного коэффициента фильтрации традиционных бетонопленочных облицовок**



**Рис. 2. Последовательность расчета осредненного коэффициента фильтрации противofильтрационных облицовок с использованием в качестве ПФЭ геомембраны**

Расчет производится, используя данные натуральных наблюдений такие как:  $k_{защ}, k_{гр}$  – коэффициент фильтрации защитного покрытия (бетона или грунта) и грунта основания;  $\delta_0$  – толщина облицовки;  $h_0$  – глубина в канале;  $\sum \omega_{повр.}, F_{общ.}$  – суммарная площадь повреждений ПФЭ и общая площадь обследуемого противofильтрационного экрана. Далее производится определение параметров условного отверстия и вероятности распределения повреждений.

В зависимости от выполнения условия  $k_{гр} / k_{защ}$ , определяем  $h_1$  – пьезометрический напор в месте повреждений, используя дополнительные данные:  $H_k = (0,5 \div 0,7)h_k$  – капиллярный вакуум грунта основания в зависимости от высоты капиллярного поднятия воды в грунте основания. Далее производится расчет  $\sigma = k_{защ} / k_{гр}$  соотношения между коэффициентом фильтрации защитного слоя и коэффициентом фильтрации грунта основания.

Достоверность данного расчета проверяется путем проведения дополнительных натуральных наблюдений и инструментальных исследований на объекте, а также по известным и общепринятым зависимостям. Достоинством компьютерного является автоматизация определения осредненного коэффициента фильтрации облицовки по разработанным авторами программам.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. Шк., 2005. – 367 с.

2 Чернов М. А. Обоснование противифльтрационной эффективности облицовок каналов с применением полимерных материалов / М. А. Чернов // Известия вузов Сев.-Кав. Регион. Техн. науки, 2011. – № 2.

3 Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин [и др.]; под ред. В. С. Алтунина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 158 с.

4 Косиченко Ю. М. Инструкция по расчету водопроницаемости и эффективности облицовок канала / Ю. М. Косиченко, В. А. Бородин, А. В. Ищенко. – Союзгипроводхоз, ЮжНИИГиМ. – М., 1984. – 54 с.

УДК 626.82.004.57

М. А. Щедрин (ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДОВ ПОЛУСТАЦИОНАРНОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Разделение крупных оросительных систем по формам собственности в условиях динамичной экономической ситуации определяет

целесообразность использования полустационарных оросительных систем в рамках каждого хозяйства.

В мировой практике орошение с помощью полустационарных оросительных систем представлено достаточно широко. Так, например, в США удельный вес орошения дождевальными установками с разборными трубопроводами на данное время составляет 20 %. Причем эти установки предназначены преимущественно для поливов дождеванием.

Исследования, проведенные в Ростовской области сотрудниками ФГНУ «РосНИИПМ», показали, что задачи, решаемые ранее с помощью промышленно изготовленных комплектов для полустационарных оросительных систем, преимущественно решаются в данное время с помощью комплектов, изготовленных силами хозяйств [1, 2].

Такие системы являются крупным резервом в развитии орошаемого земледелия, так как их общая площадь в целом по стране составляет несколько миллионов гектар [1]. На юге Ростовской области в аренде сельхозтоваропроизводителей имеется очень много небольших участков площадью от нескольких десятков до сотни гектар. Следует отметить, что освоение малых участков в границах крупных оросительных систем, применяя полустационарные индивидуальные оросительные системы в рамках хозяйства, не требует больших капитальных вложений.

В хозяйствах области получили распространение полустационарные оросительные системы конструкции ЮжНИИГиМ (Н. П. Бредихин, З. И. Метельский) [1], оросительная сеть которых, представленная шлейфами, перемещается в процессе полива. В отличие от традиционных способов их перемещения (фронтально или по кругу), эти шлейфы двигаются по направлению продольной оси проводящего трубопровода. Данный процесс механизирован и осуществляется при помощи трактора. К основным узлам можно отнести проводящий трубопровод, установленный на «лыжи»-ползунки, карусельный дождеватель, закрепляемый на стабилизаторе поперечной устойчивости и шарнирное сочленение для подсоединения водоприемных муфт к гидранту подводящей сети. При проектировании быстросборного трубопровода в составе полустационарной оросительной системы необходимо учитывать то обстоятельство, что трубопровод должен быть достаточно технологичным, для того чтобы при монтаже и

демонтаже трубопровода не возникало технических проблем, связанных с отказами в работе.

Повышение надежности работы полустационарных оросительных систем за счет оптимизации интервала проведения ремонтных и восстановительных работ является актуальной проблемой. В ходе исследований была поставлена задача получить интервалы проведения работ, которые бы исключили отказы работоспособности трубопроводов полустационарных оросительных систем в обеспечении их нормальной эксплуатации. Наши исследования проводились в хозяйствах, эксплуатирующих полустационарные оросительные системы на территории Азовской ОС Ростовской области. Быстросборные трубопроводы представлены полиэтиленовыми секциями (ПНД) длиной 6 м с фланцевым соединением диаметром 110 мм [2].

Для выявления наиболее значимых факторов, оказывающих наибольшее влияние на снижение надежности полустационарных оросительных систем, были приняты следующие: время эксплуатации ( $x_1$ ); протяженность трубопроводов ( $x_2$ ); число элементов ( $x_3$ ); расход воды ( $x_4$ ); орошаемая площадь ( $x_5$ ); температура воды ( $x_6$ ).

Для выявления из рассмотренных шести технологических факторов тех, которые более всего влияют на изменчивость прочности и проницаемости бетонных облицовок, были поставлены отсеивающие опыты по плану эксперимента типа ДФЭ  $2^{6-3}$ . Это позволило по результатам всего восьми опытов оценить величину линейных эффектов каждого из шести включенных в план эксперимента факторов. Принятые на основе априорной информации интервалы варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Условия кодирования и варьирования факторов

Уровни факторов	Факторы					
	$x_1$ , лет	$x_2$ , км	$x_3$ , шт.	$x_4$ , м <sup>3</sup> /с	$x_5$ , га	$x_6$ , °С
Основной уровень $x_{0i}$	10	0,8	220	30	0,5	20
Интервал варьирования $\Delta x_1$	5	0,2	20	15	0,2	5
Верхний уровень (+)	15	1,0	240	45	0,7	25
Нижний уровень (-)	5	0,6	200	15	0,3	15

Матрица планирования ДФЭ 2<sup>6-3</sup> и результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Матрица планирования эксперимента ДФЭ<sub>2</sub><sup>6-3</sup>**

Номер пробы	План в кодированных переменных						Отклик
	$x_1$ , лет	$x_2$ , км	$x_3$ , шт.	$x_4$ , м <sup>3</sup> /с	$x_5$ , га	$x_6$ , °С	Срок безаварийной эксплуатации $T$ , лет
1	+	-	+	-	-	+	2,4
2	+	-	-	+	+	-	2,1
3	-	+	+	-	+	-	3,2
4	-	+	-	+	-	+	3,7
5	+	+	+	+	-	-	2,3
6	+	+	-	-	+	+	2,5
7	-	-	+	+	+	+	4,1
8	-	-	-	-	-	-	5,8

В результате математической обработки экспериментальных данных получена математическая линейная модель вида:

$$T = 51 + 9x_1 + 12x_2 - 2x_3 + 7x_4 + 3x_5 - 3,9x_6.$$

На основании полученных моделей произвели ранжирование факторов, влияющих на исследуемые показатели. Анализ ранжированных факторов показал, что наибольшее влияние на проницаемость и надежность работы трубопроводов полустационарной оросительной системы оказывают: время эксплуатации ( $x_1$ ); протяженность ( $x_2$ ); расход воды ( $x_4$ ). Влиянием остальных факторов можно пренебречь, так как они по своей относительной величине не превышают 10 %, что соизмеримо с точностью эксперимента.

На безаварийную работу сети наибольшее влияние оказывает продолжительность эксплуатации  $x_1$ , ее протяженность  $x_2$  и расход воды  $x_4$ .

Последующая проверка адекватности модели показала, что она приблизительно описывает рассматриваемые зависимости, потому, что в этих случаях не выполняется условие адекватности по критерию Фишера не только на 5%-ном, но и на 10%-ном уровнях значимости. Следовательно, полученная модель не может использоваться для оптимизации поставленной задачи. Тем не менее, произведенное

с помощью этих моделей ранжирование факторов позволило выбрать для дальнейших исследований три наиболее существенных.

На следующем этапе был использован план Бокса-Бенкина, достоинством которого является минимальное число опытов, а также тот факт, что опыты по плану ВВ<sub>3</sub> можно проводить тремя блоками по пять точек. В каждом блоке один из трех факторов был зафиксирован на основном уровне, а варьировались два оставшихся.

Матрица планирования и результаты реализации плана ВВ<sub>3</sub> представлены в таблице 3.

Таблица 3

### Планирование и результаты эксперимента

Номер опыта	План ВВ <sub>3</sub>			Натуральные значения факторов			Отклик <i>T</i>
	$x_1$	$x_2$	$x_4$	$x_1$	$x_2$	$x_4$	
1	+	+	0	15	1,0	0,5	2,4
2	-	+	0	5	1,0	0,5	2,1
3	+	-	0	15	0,6	0,5	3,2
4	-	-	0	5	0,6	0,5	3,7
5	0	0	0	10	0,8	0,5	2,3
6	-	0	-	5	0,8	0,3	2,5
7	+	0	-	15	0,8	0,3	4,1
8	-	0	+	5	0,8	0,7	5,8
9	+	0	+	15	0,8	0,7	2,6
10	0	0	0	10	0,8	0,5	3,0
11	0	+	-	10	1,0	0,3	2,8
12	0	+	+	10	1,0	0,7	2,9
13	0	-	+	10	0,6	0,7	3,1
14	0	-	-	10	0,6	0,3	3,8
15	0	0	0	10	0,8	0,5	3,5

Математическая обработка дала возможность получить полиномиальную модель второго порядка, адекватно на 5%-ном уровне значимости, с доверительной вероятностью  $P = 0,95$ , описывающую:

$$T = 158,1 + 14,9x_1 - 67x_2 - 4,2x_4 - 138,3x_1^2 + 74,3x_2^2 - 5,1x_4^2 + 11,7x_1x_2 - 3,1x_1x_4 + 4,2x_2x_4.$$

Анализ значений коэффициентов свидетельствует об относительно незначительном влиянии фактора  $x_4$  в исследуемом интервале его варьирования, поэтому этот фактор стабилизировали на его нуле-

вом уровне. Такой подход позволил перейти от трехфакторной к двухфакторной модели:

$$T = 7,84 - 0,41x_1 + 0,01x_2^2 + 0,21x_1x_2 - 0,17x^2.$$

Обработка полученных данных показывает, что срок службы быстроборного трубопровода зависит от параметров повреждений или деформаций оросительной сети и вероятности безотказной работы. Причем, чем больше параметры суммарных повреждений и частоты их выбросов за нулевой уровень, тем будет меньше прогнозный срок службы полустационарной оросительной системы.

В результате проведенных исследований установлено, что на участках оросительных каналов протяженностью 0,4-0,5 км, при расходе воды 0,5-0,7 м<sup>3</sup>/с и времени эксплуатации свыше 3-х лет (от пуска в эксплуатацию после последнего капитального ремонта) научно обосновывается время проведения предупредительных ремонтов, обеспечивающих надежность работы трубопроводов полустационарной оросительной системы с вероятностью  $P = 95 \%$ .

В случае если предусматриваются ремонтно-профилактические мероприятия в виде предупредительных ремонтов через 3 года и ежегодных работ силами службы эксплуатации по уходу и устранению незначительных повреждений и неполадок, то срок службы может быть продлен.

Представленные зависимости в целом позволяют оценить вероятный срок безопасной эксплуатации и выполнения полустационарной оросительной системой заданных функций, заблаговременно наметить необходимые ремонтные и восстановительные работы для продления ее срока службы.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Щедрин В. Н. Полустационарно-мобильные оросительные системы как способ мелиорации почв / В. Н. Щедрин, Н. П. Бредихин, Ю. Ф. Снопич // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. ФГНУ «РосНИИПМ»: в 2 ч. / под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2003. – Ч. 1. – С. 90-98.

2 Ольгаренко В. И. Современная концепция эксплуатации оросительных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 2. – С. 21-22.

Д. А. Чернова (ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **УПРАВЛЕНИЕ НАНОСАМИ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Безопасность водоподпорных сооружений на естественных и искусственных водотоках во многом определяется наносным режимом. Скапливаясь перед сооружением в верхнем бьефе, они изменяют проектные нагрузки, воспринимаемые отдельными узлами и элементами ГТС, и тем самым затрудняют эксплуатационный процесс, увеличивают степень риска развития аварийной ситуации.

О последнем свидетельствуют результаты натурных исследований, проведенных в 1998-2002 гг. Немчиновым К. В. на правом притоке р. Луга и на р. Оредеж, сток которой частично зарегулирован шестью малыми ГЭС. На этой реке, в связи с зарегулированностью жидкого стока, весеннее половодье значительно нивелируется русловыми водохранилищами. Колебание стока в летне-осеннюю межень, зачастую определяется не количеством выпавших на водосбор осадков, а произвольным открытием гидротехнических затворов на плотинах, вызванных их завалом наносами [1].

Следует отметить, что источником продуцирования наносных фракций в водоемах, на которых возведены водоподпорные сооружения, являются верховья малых рек. Здесь наблюдается большая крутизна склонов, в результате чего процессы денудации, эрозии при размывах и обрушении отвесных склонов оврагов и берегов рек протекают исключительно интенсивно, а продукты разрушения отлагаются на дне долин и в руслах рек. Последующая их транспортировка водным потоком приводит к накоплению в руслах наносных фракций различного гранулометрического состава, которые, попадая в искусственные водоемы, образуют отложения, изменяющие их емкость и регулируемую способность, что в свою очередь требует оперативного совершенствования эксплуатационного процесса сооружений гидроузла для обеспечения промыва. При этом, как отмечено в [2], только что отложенный ил подвергается размыву уже при скоростях потока 0,05-0,07 м/с, через месяц при постепенном уплотнении этот ил

консолидируется, в нем образуется структурный скелет, и он начинает размываться при скоростях 0,7 м/с, а пролежав 9-10 месяцев он требует создания размывающей скорости 2,0 м/с и более. Обеспечение такого промывного режима является сложнейшей и трудно исполнимой задачей процесса эксплуатации. Поэтому для обеспечения требуемого уровня безопасности ГТС следует максимально исключить поступление наносов в водоемы, для чего следует локализовать их на подходе к водохранилищам в руслах притоков. Для реализации этой идеи предлагается использовать комбинированный способ очистки русел от наносов.

Исходя из требований экологии, комбинированный способ является наиболее оптимальным и представляет собой поэтапное сочетание гидравлического, механического и гидромеханического способов удаления наносов из русел водотоков. Для этого на первом этапе русло водотоков, впадающих в водоемы, начиная с верхних участков течения, подвергается гидравлическому промыву. В этом случае взмученные наносные отложения перемещаются по руслу на расчетное расстояние, характеризующее транспортирующей способностью потока, где в результате осаждения происходит увеличение их мощности до объемов, позволяющих разрабатывать их стационарными установками гидромеханического или механического типа с целью дальнейшего перемещения на прибрежные земельные неудобья.

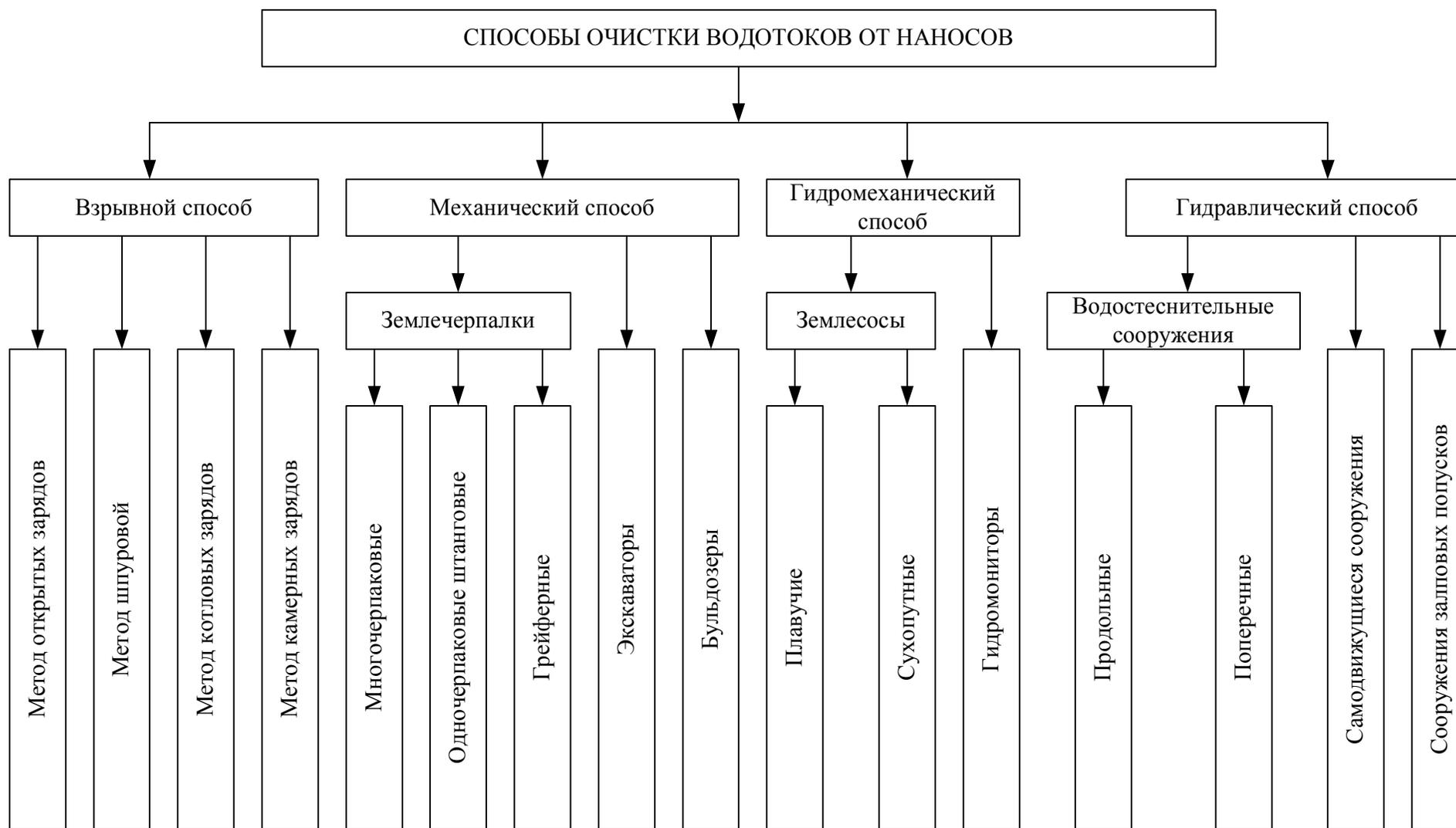
Очистку русел можно проводить методами, классификация которых представлена на рисунке 1 [3].

Для очистки и углубления русел в кратчайшие сроки оптимальным является взрывной способ. Он производится следующими методами:

- методом открытых (накладных) зарядов, когда заряды взрывчатых веществ (ВВ) располагают на поверхности взрываемых наносных отложений;

- шпуровым методом, когда заряды ВВ располагают в шпурах (скважинах диаметром 75 мм) на участках водотоков, где наносы представлены скальными породами;

- методом котловых зарядов, когда заряды ВВ располагаются в котлах, образуемых прострелкой шпура или скважины, применяется также в условиях наличия в руслах скальных крупнообломочных донных отложений;



**Рис. 1. Классификация способов промыва русел водотоков**

- метод камерных зарядов, когда заряды ВВ располагают в камерах, образуемых в толще взрывааемых участков наносных отложений, применяется при взрывании «на выброс», когда заряды ВВ достигают больших размеров и для их размещения требуются большие зарядные камеры.

Механическим способом чаще всего производят очистку русел средних и крупных рек с последующим использованием донных отложений (песок, гравий) в строительном производстве.

При этом используются бульдозеры, экскаваторы и землечерпалки с механическим подъемом наносных отложений. Такие землечерпалки выполняются многочерпаковыми, одночерпаковыми штанговыми и грейферными.

Гидромеханический способ позволяет осуществлять очистку русел с аккумулярованием наносных отложений на прибрежных участках плавучими земснарядами на средних и крупных водотоках, а на малых – сухопутными. Применение при этом способе гидромониторов позволяет разрабатывать наносные отложения с последующим их транспортированием по руслу самим потоком.

В наибольшей степени экономически эффективным является гидравлический способ очистки русел от наносов. Для размыва донных отложений в русле водотока используют водостеснительные сооружения, которые уменьшают живое сечение потока до размеров, обеспечивающих создание размывающих скоростей. Они делятся относительно расположения продольной оси потока на продольные (струенаправляющие) и поперечные (буны, полузапруды и др.). Также к этому способу относятся и сооружения обеспечивающие промыв русел водотоков путем формирования залповыми попусками волн перемещения и сооружения, создающие размывающие скорости при своем перемещении по руслу за счет энергии потока.

Применение последних снижает негативное воздействие наносов на гидротехнические водоподпорные сооружения и тем самым повышают их безопасность, увеличивает срок службы искусственных водоемов.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Немчинов К. В. Влияние эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков на транспорт наносов в основном русле: авто-

реф. дис. ... канд. геогр. наук: 25. 00. 27 / К. В. Немчинов. – СПб., 2004. – 174 с.

2 Румянцев И. С. Природоприближенное восстановление и эксплуатация водных объектов: научная монография / И. С. Румянцев [и др.]; под общ. ред. И. С. Румянцева. – М.: МГУП, 2001. – 285 с.

3 Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора / Составитель П. А. Ситковский. – М.: Сельхозлит, 1955. – 500 с.

УДК 627.81

**М. М. Мордвинцев, С. И. Лапшенков (ФГОУ ВПО «НГМА»)**

### **ОЦЕНКА СВЯЗИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ НАНОСОВ С ОСРЕДНЕННОЙ ПО СЕЧЕНИЮ СКОРОСТЬЮ ПОТОКА<sup>1</sup>**

Так как пульсационные скорости зависят от динамической скорости  $v_*$ , то отношение  $v/v_*$  может характеризовать формы движения наносов. И. К. Никитин [1] установил, что донное влечение наносов происходит при  $v/v_* > 3,15$ . При  $3,15 \geq v/v_* \geq 0,05$  наблюдаются взвешенные руслоформирующие наносы, а при  $v/v_* < 0,05$  – взвешенные транзитные наносы.

Если рассматривать диапазон наносов от 10 до 0,01 мм, то из вышеприведенных условий получим характерные значения динамической скорости  $v_*$  (рисунок 1).

Связь между динамической скоростью  $v_*$  и вертикальной составляющей пульсационной скорости  $v'_g$  может быть установлена по формулам А. Б. Клавена [2]. В работе [3] зависимость между отношением среднего значения вертикальной компоненты пульсационной скорости  $v'_g$  и гидравлической крупности  $u$  с безразмерным параметром

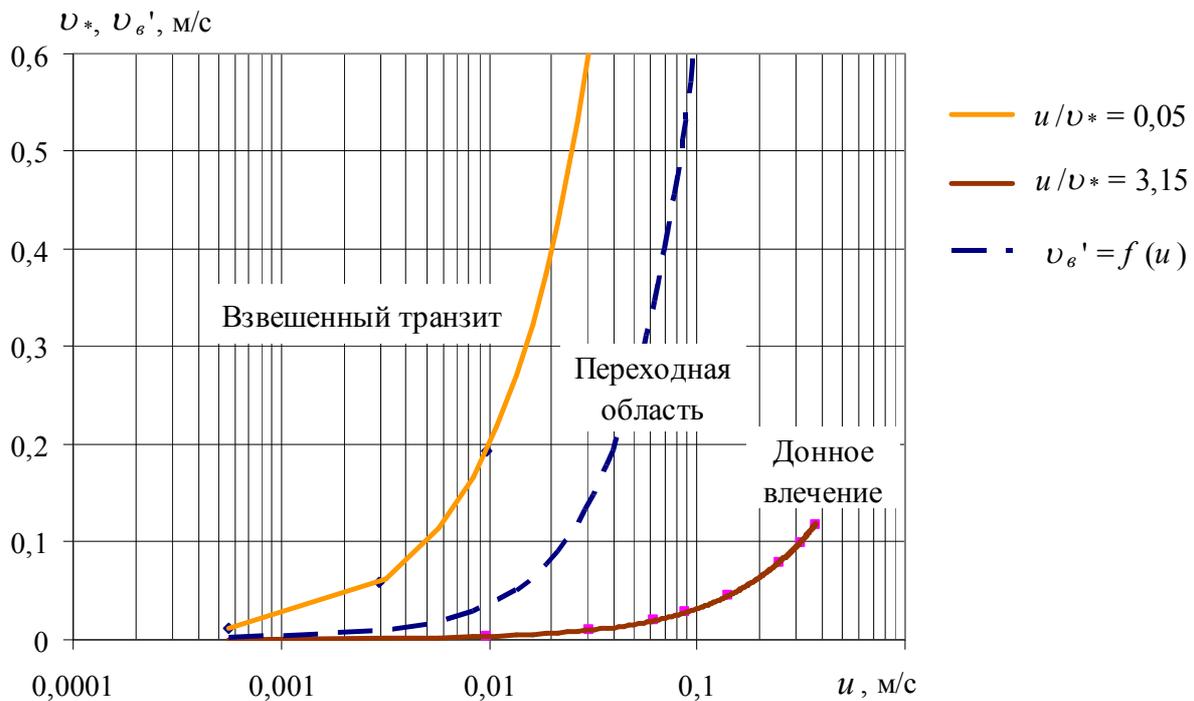
$D = \left[ \frac{(\rho_n - \rho)g}{\rho \cdot v^2} \right]^{1/3} d_{cp}$ , который определяет физические свойства наносов,

представлена в виде графика  $v'_g/u = f(D)$ . Из графика следует, что для поддержания частиц наносов во взвешенном состоянии необходимо соблюдение следующих условий:

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

- для мелких частиц  $d < 0,10$  мм ( $D < 3,0$ ) вертикальная составляющая пульсационной скорости  $v'_e \geq (1 - 2)u$ ;
- для частиц среднего размера  $0,10 \leq d \leq 0,25$  мм ( $3,0 \leq D \leq 4,5$ ) вертикальная составляющая скорости  $v'_e \geq 3,3u$ ;
- для крупных частиц  $d > 0,25$  мм ( $D \geq 4,5$ ) –  $v'_e \geq 5,6u$ .



**Рис. 1. Граничные значения динамической скорости для характеристики режима движения наносов ( $d = 0,01 \div 10$  мм)**

На основании этих рекомендаций была построена связь между вертикальной компонентой скорости и средней гидравлической крупностью отдельных фракций наносов  $v'_e = f(u)$  для  $d < 1,0$  мм (см. рисунок 1). Как видно, линия, разграничивающая начало (или прекращение) взвешивания, располагается в переходной области (по И. К. Никитину).

Для перехода от динамической скорости ( $v_*$ ) или от вертикальной компоненты скорости ( $v'_e$ ) к средней по сечению скорости потока ( $v_0$ ), при которой возможно взвешивание тех или иных фракций наносов, требуется анализ имеющихся связей  $v_0 = f(v'_e)$  и  $v_0 = f(v_*)$ , а также условий, которые сопутствуют этим связям.

Среднеквадратичная величина вертикальных пульсационных скоростей в придонной области может быть установлена по В. Н. Гончарову [4]:

$$v'_g = \frac{2\sqrt{2g}}{C} v_0. \quad (1)$$

При значениях коэффициента Шези  $C = 30-70$ :

$$v'_g = (0,127 - 0,295)v_0.$$

Граница диапазона взвешивания [5] в этом случае будет:

$$T_g = \frac{u}{v'_g} = \frac{uC}{2v_0\sqrt{2g}} = \frac{0,35uC}{v_0\sqrt{g}} = (3,35 - 7,82) \frac{u}{v_0}, \quad (2)$$

что вполне соответствует выше приведенным рекомендациям из работы [3] и графику связи вертикальной компоненты скорости и гидравлической крупности наносов (см. рисунок 1).

На рисунке 2 показана связь между вычисленной динамической скоростью и средней по сечению потока скоростью по данным измерений на гидрологических постах рек бассейна Дона. Здесь же приводится и диапазон изменения вертикальной компоненты скорости по формуле (1).

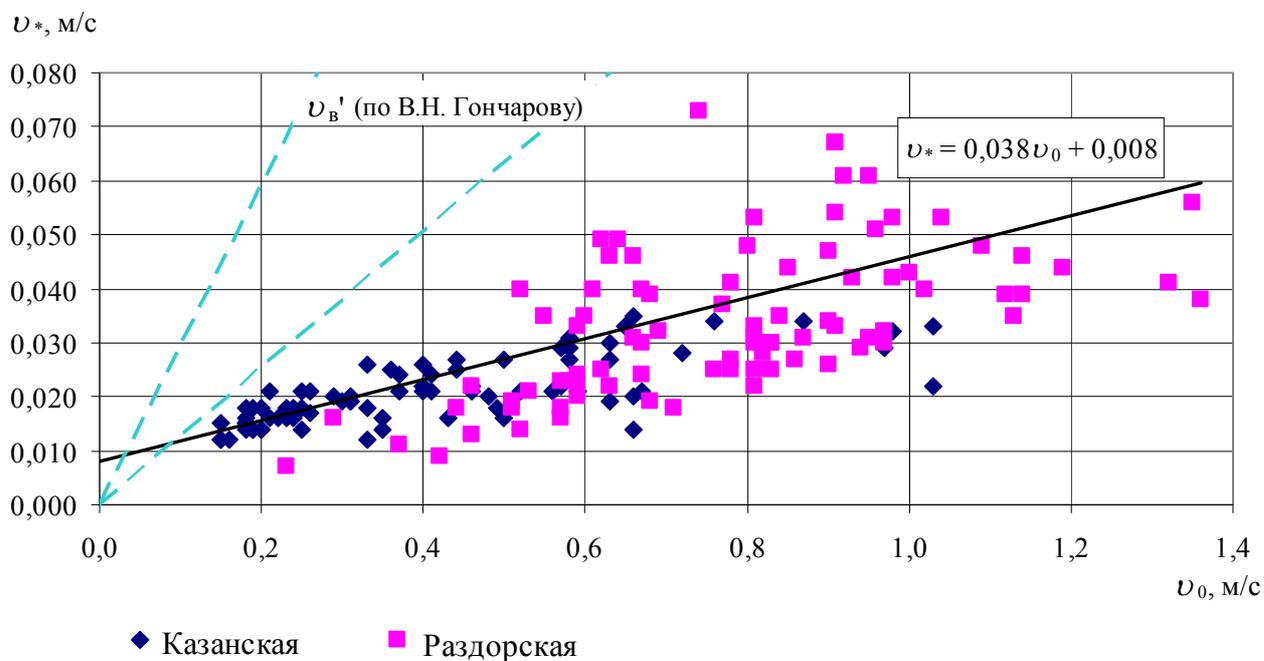


Рис. 2. Связь  $v_* = f(v_0)$  на гидропостах р. Дон

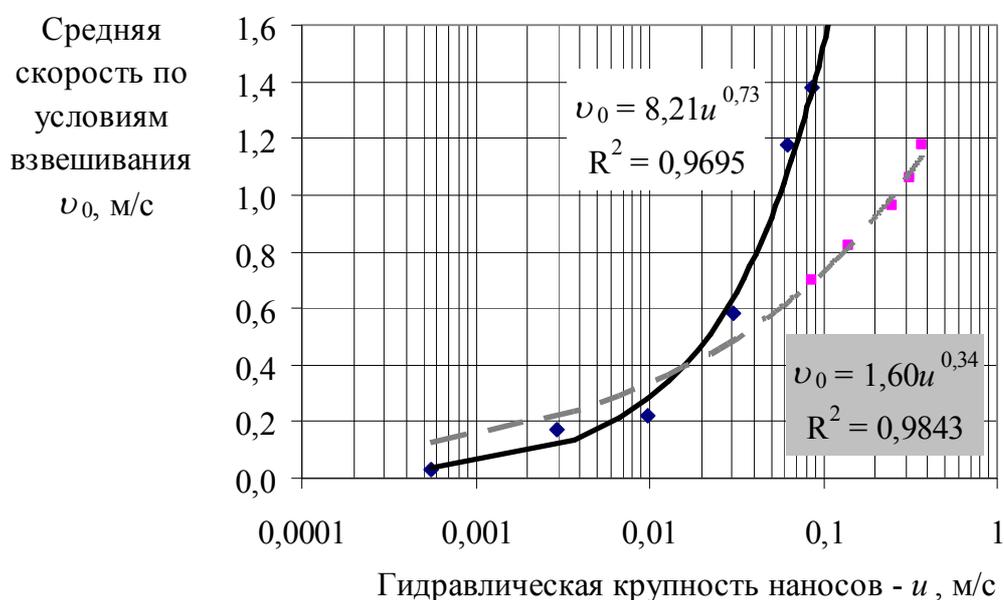
Из рисунка видно, что эти связи линейные, с достаточным для гидрометрических измерений показателем достоверности аппроксимации, и выражаются зависимостью:

$$v_* = A \cdot v_0 + B. \quad (3)$$

Для гидрометрических постов, измерения на которых подверглись анализу, значения коэффициента  $A$  варьировали в пределах  $(0,028 \div 0,054)$ , а значения свободного члена  $B = 0,005-0,013$ .

Фактические значения динамической скорости на графиках располагаются ниже границы диапазона взвешивания по формуле (1), причем с увеличением средней скорости разница между этими величинами увеличивается.

Зная связь средней гидравлической крупности отдельных фракций наносов с вертикальной компонентой скорости, соответствующей условиям взвешивания, и связь вертикальной компоненты скорости со средней скоростью потока, можно получить зависимость между гидравлической крупностью отдельных фракций наносов и средней скоростью потока, которая соответствует границе взвешивания (или прекращения взвешивания) для данной фракции наносов (рисунок 3).



**Рис. 3. График для граничных значений средней скорости, при которой прекращается (или начинается) взвешивание соответствующих фракций наносов с гидравлической крупностью  $u_{cp}$ .**

Аналитическое выражение этой зависимости:

$$v_0 = 8,21u^{0,73}. \quad (4)$$

Для технических расчетов более удобной будет являться табличная форма, так как в большинстве способов расчета наносов используется стандартная разбивка гранулометрического состава на фракции (таблица 1).

Таблица 1

**Гидравлические характеристики взвешенных наносов**

$d$ , мм	1-0,7	0,7-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	< 0,01
$u_{max}$ , м/с	0,111	0,079	0,057	0,0214	0,0057	0,0020	0,00008
$u_{min}$ , м/с	0,079	0,057	0,0214	0,0057	0,0020	0,00008	
$u_{cp}$ , м/с	0,087	0,0623	0,0304	0,0097	0,00294	0,00056	0,00002
$v_0$ , м/с	1,38	1,08	0,64	0,28	0,12	0,03	-

Полученная зависимость (4) позволяет обосновать методику расчета заносимости судоходных прорезей и русловых карьеров песчано-гравелистыми наносами.

Процесс заносимости, как и процесс заиления, имеет затухающий характер и наибольшую интенсивность в начальный момент времени. Этот процесс может быть описан формулой В. С. Лапшенкова [6]:

$$V_s = V_n \left( 1 - e^{-\frac{t}{E}} \right), \quad (5)$$

где  $E$  – характеристика заносимости (заиляемости):

$$E = \frac{\gamma_n \cdot V_n}{\varepsilon' \cdot G_t}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon'$  – доля осаждения (остановки) наносов в начальный период исследуемого процесса.

Для определения величины  $\varepsilon'$  следует рассмотреть ход процесса перехода взвешенных наносов в донные отложения и прекращения движения донных наносов.

При известных гранулометрических составах взвешенных и донных наносов их изменение, вследствие изменения гидравлических условий протекания потока (прорезь, карьер и т.п.), имеет тенденцию

к уменьшению крупности движущихся в потоке наносов. Более крупные частицы выпадают в осадок или прекращают свое движение при уменьшении скорости потока; вместе с ними частично попадают в донные отложения и более мелкие частицы, количество которых по фракциям пропорционально крупности полностью осевшей (остановившейся) фракции наносов.

Такой процесс изменения гранулометрического состава может быть представлен как последовательность состояний исходного состава наносов при выходе полностью из процесса движения более крупной фракции наносов. Каждое такое состояние соответствует определенным гидравлическим условиям в потоке – его средней скорости. Эта связь выражена зависимостью  $v_0 = f(u)$  (см. рисунок 3).

Для расчета по конкретному составу наносов их делят на 7-10 фракций, устанавливают значения максимальной, минимальной и средней гидравлической крупности каждой фракции, а также их количество в составе наносов в долях от единицы –  $\rho_i$ .

Предполагая, что первая крупная фракция со средней гидравлической крупностью –  $(u_{cp})_{oc}$  полностью остановилась (осела), считаем долю осаждения более мелких фракций по формуле:

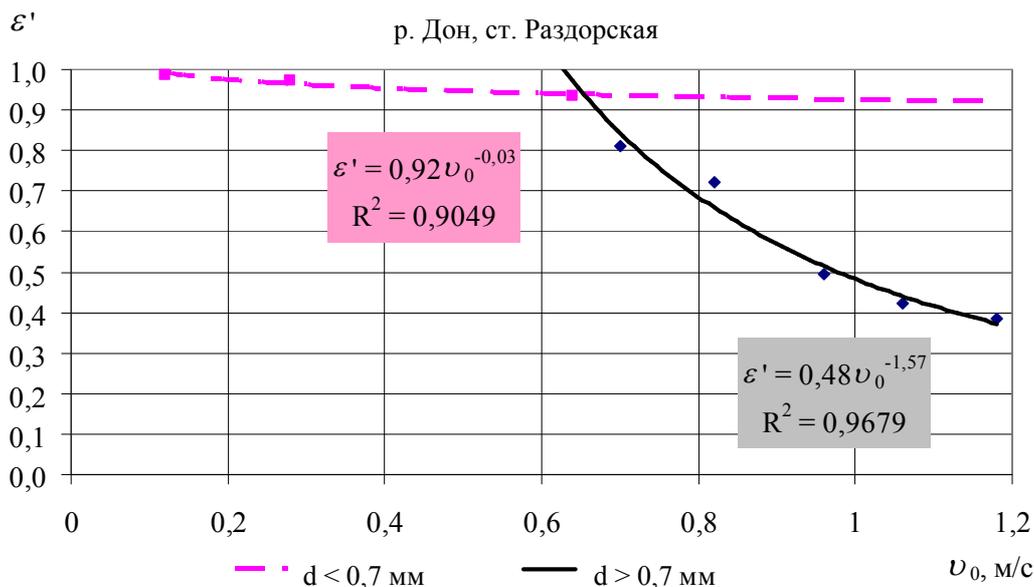
$$\varepsilon_i = \frac{(u_{cp})_i}{(u_{min})_{oc}}. \quad (7)$$

Количество осевших наносов из каждой фракции:  $\rho_i \cdot \varepsilon_i$ . Сумма этих произведений дает нам долю осаждения наносов для данного состояния (полное выпадение в осадок первой крупной фракции).

Это состояние соответствует средней скорости потока –  $v_0$  из формулы (4) при гидравлической крупности полностью осевшей фракции –  $(u_{cp})_{oc}$ .

В следующем состоянии потока наряду с первой фракцией полностью осаждаются последующая фракция, и расчет повторяется уже для нового состава наносов и так далее.

По значениям  $\sum \rho_i \cdot \varepsilon_i = \varepsilon'$  и  $v_0 = f(u_{cp})_{oc}$  строится график доли осаждения наносов при изменении средней скорости потока в условиях прорези или карьера (рисунок 4).



**Рис. 4. График связи  $\varepsilon' = f(v_0)$**

Время занесения прорези или карьера до заданного состояния –  $V_3/V_n$  можно определить из формулы (5):

$$t_3 = -E \frac{\lg\left(1 - \frac{V_3}{V_n}\right)}{\lg e}. \quad (8)$$

Выполненный анализ показал возможность установления связи гидравлических характеристик наносов с осредненной по сечению скоростью потока и использование этой связи при составлении прогнозов заносимости (заиливания) судоходных прорезей и русловых карьеров, а также искусственных нерестилищ.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Никитин И. К. Сложные турбулентные течения и процессы теплообмена. – Киев: Наукова думка, 1980. – 239 с.
- 2 Клавен А. Б. Оценка характеристик турбулентности русловых потоков // Тр. ГГИ, 1982. – Вып. 278. – С. 36-43.
- 3 Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов: ГГИ, ИГМ. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 128 с.
- 4 Гончаров В. Н. Динамика русловых потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 374 с.

5 Карасев И. Ф. Русловые процессы при переброске стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 288 с.

6 Лапшенков В. С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 240 с.

УДК 626.823:627.8.059.22

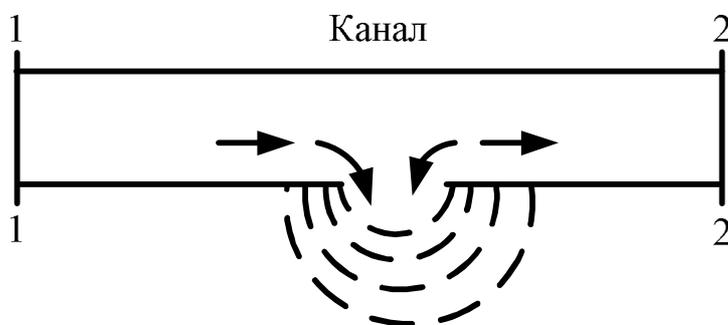
Д. В. Бакланова (ФГНУ «РосНИИПМ»)

## МЕТОДЫ УСТРОЙСТВА ПЕРЕМЫЧЕК И ЛИКВИДАЦИИ ПРОРАНОВ

В настоящее время в России и в странах ближнего зарубежья эксплуатируется большое количество крупных каналов с расходом более  $100 \text{ м}^3/\text{с}$ , характерной особенностью которых является их комплексное использование.

Надо признать, что в процессе их эксплуатации нередко наблюдалось большое количество аварийных ситуаций, таких как суффозионные и просадочные явления, оползание и разрушение откосов, зарастание и заиливание каналов, вследствие фильтрации через дно и откосы канала, но наиболее опасным явлением на канале по сей день является возникновение прорана в дамбе.

Возникновение прорана в дамбе, ограждающей водоток, может быть результатом как технологических недостатков (недоработок) при сооружении дамбы – слабый грунт, трещины в дамбе и т.д., так и внешних воздействий: естественных или искусственных. При образовании прорана в него поступает вода, как из вышележащего, так и из нижележащего участка канала (рисунок 1).



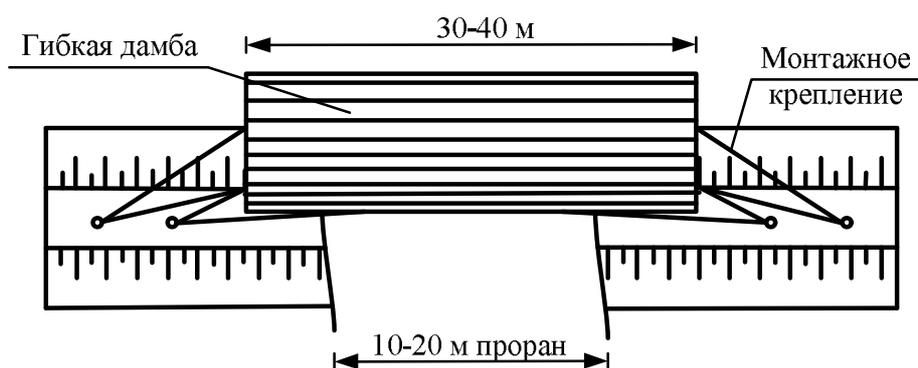
**Рис. 1. Схема растекания потока из прорана в дамбе канала по прилегающей плоской территории**

Прорыв существующей дамбы происходит локально, сначала за счет перелива воды через верх дамбы и образования в наиболее низком и слабом месте дамбы небольшой прорези, затем проран стремительно разрастается в ширину и глубину.

На общий характер волны, возникающей при образовании прорана в дамбе, сильное влияние оказывают условия работы канала, характер расположенных здесь перегораживающих и вообще, гидротехнических сооружений и, главное, условия их работы, а также организацией, оснащением и правилами работы диспетчерских пунктов и т.д. Все эти условия и обстоятельства могут влиять решающим образом на волну, возникающую при прорыве дамб каналов [1].

Производство работ по ликвидации аварии должно базироваться на оперативности, мобильности работ, использовании новых материалов и технологий. В настоящее время используются различные способы ликвидации аварийных ситуаций, обеспечивающих надежную заделку проранов.

Одним из современных способов ликвидации проранов в дамбах является использование конструкций гибких дамб, длины их изменяются от 10 до 40 м. Крепление осуществляется с помощью монтажных тросов, зацепленных за анкерными устройствами, после чего дамба заполняется водой, она «обволакивает» все неровности прорана, плотно к нему примыкает и не позволяет потоку проходить через проран и размывать его дальше (рисунок 2).



**Рис. 2. План размещения гибкой дамбы**

Так при прорыве дамбы на Федоровской оросительной системе была установлена гибкая дамба длиной 16 м и высотой 1,8 м, которая достаточно эффективно себя показала в 2002-2003 гг.

Аналогичная ситуация, связанная с прорывом дамбы, возникала в Грузии на Тези-Октамской оросительной системе, вскоре после пуска которой на косогорном участке канала, на трех отрезках общей длиной до 300 м произошли прорывы левого борта.

Вследствие этого канал выключили из эксплуатации, а на указанных участках уложили металлические трубы [2].

Аварии связанные с переливом воды через бровки канала и образованием прорана представлены в таблице 1.

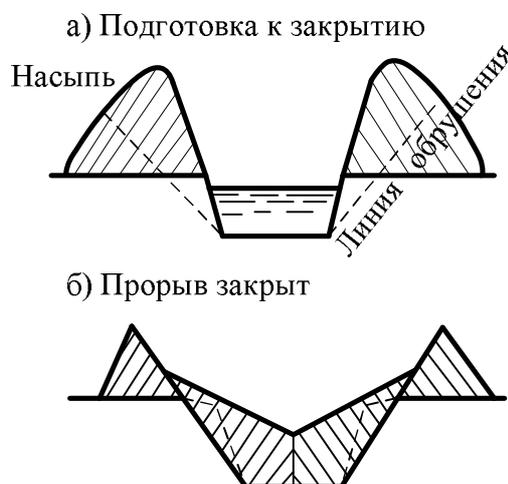
Таблица 1

**Аварии, вызванные появлением проранов**

Наименование объекта	Причины аварии
БСК-1	Прораны на косогорном участке
Малый Октемберянский МК (Армения)	Прорывы бортов, вызванные суффозионными деформациями
Тези-Октамская оросительная система	Прорывы левого борта на косогорном участке
Хамотинская оросительная система	Размыв левой бровки и образование прорана

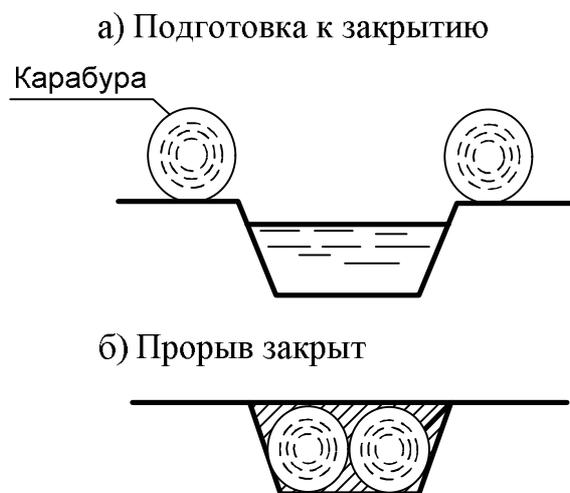
Временные перегораживающие сооружения (перемычки) устраивают на каналах в случаях падения горизонтов и невозможности отрегулировать поступление воды в отводы без полного перекрытия потока, такие же сооружения ставят при прорывах земляных дамб.

На рисунке 3 изображено перекрытие потока земляными масса-ми. Для проведения этой работы с обоих берегов русла (канала) одновременно насыпают высокие кавальеры грунта; насыпка производится до тех пор, пока грунт не обрушится в русло и таким образом за-кроет проток.



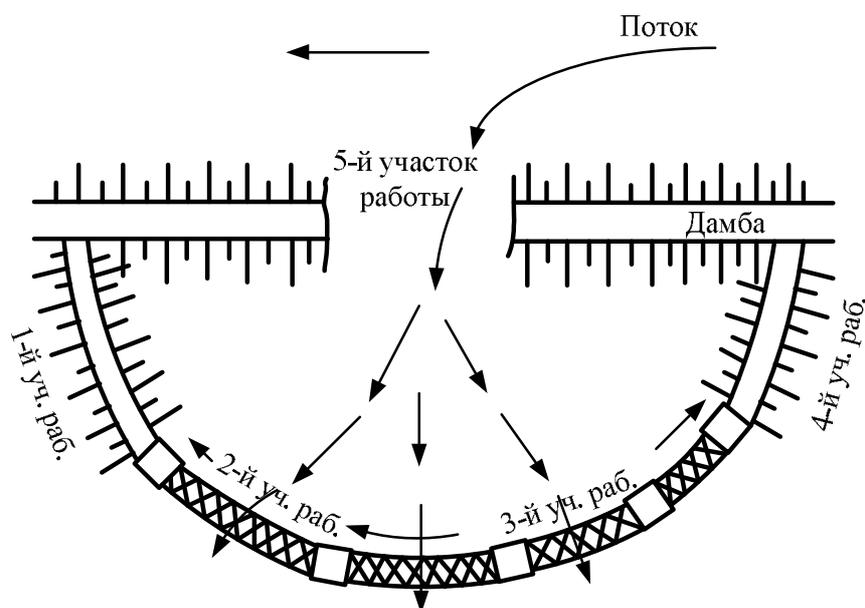
**Рис. 3. Перекрытие прорыва призмой обрушения**

Вторым приемом такого рода закрытий являются перемычки из карабур (рисунок 4).



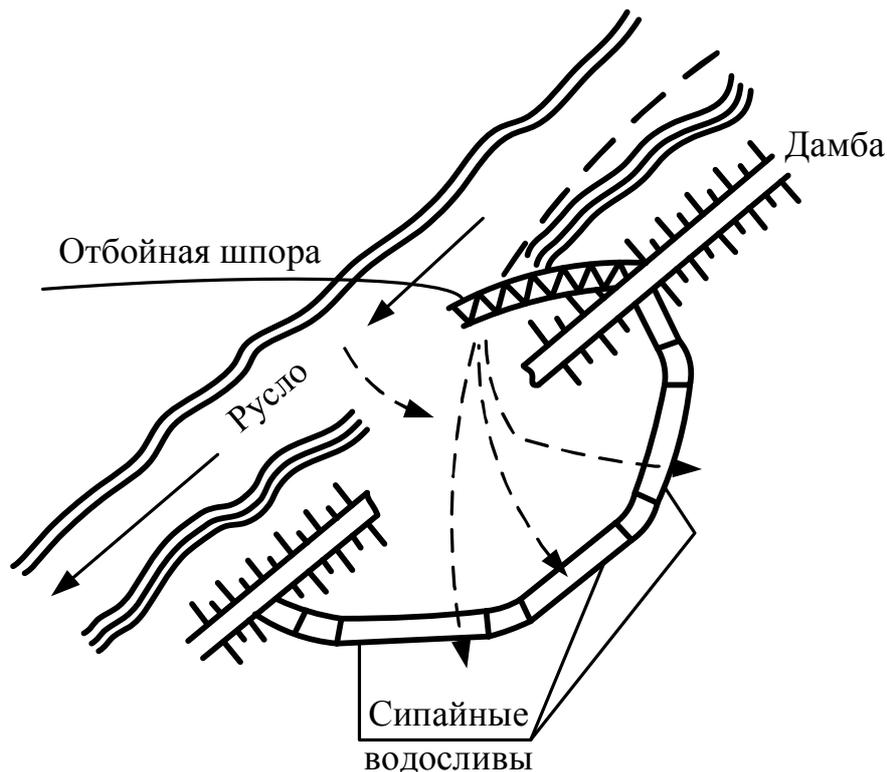
**Рис. 4. Перекрытие прорыва тяжелыми фашинами (карабурами)**

На рисунках 5 и 6 показаны схемы перекрытия крупного прорыва дамбы.



**Рис. 5. Схема перекрытия крупного прорыва дамбы**

При перекрытии крупных протоков ( $20-30 \text{ м}^3/\text{с}$ ) необходимо распластать поток в широком месте и разбить его на ряд частей, в одной части оборудовать подпорное сооружение с водосливом (рисунок 5), после чего приступают к закрытию каждой части глухими перемычками, как малых протоков. Последней закрывается часть, оборудованная водосливом.



**Рис. 6. Схема закрытия крупного прорыва отбойной шпорой**

Для закрытия более крупных протоков и прорывов ( $40-50 \text{ м}^3/\text{с}$ ) необходимо подготовить временные водосливы (рисунок 6); далее, устройством струенаправляющих шпор оттеснить течение к водосливной части и после этого приступить к закрытию отдельных частей прорыва [3].

В более сложных условиях для закрытия протоков и прорывов сначала устанавливают временные деревянные опоры в виде свай, козлов, наклонных ферм и т.д. и скрепляют горизонтальными схватками. Затем на такой временный каркас с верхней стороны накладывают металлическую сетку с крупными ячейками и на последнюю опускают брезент.

**Выводы:**

- показаны новейшие и уже известные методы ликвидации проранов, а также приведены примеры аварий на каналах России и зарубежья, связанные с возникновением проранов и прорывов;

- для предупреждения возникновения прорывов и проранов необходимо проводить профилактического осмотр и локальные работы по ремонту, а также соблюдать технические условия эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Алиев Т. А., Тарабанов И. В. Приложение гидравлики и динамики русловых потоков в задачах охраны малых рек степной зоны РФ: рекомендации / под ред. д-ра техн. наук, проф. Д. В. Штеренлихта. – М.: Академия водохозяйственных наук, 1997. – 228 с.

2 Терлецкая М. Н. Каналы в водонеустойчивых грунтах аридной зоны. – М.: Колос, 1983. – 96 с.

3 Шаров И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. – М.: Гос. изд. с.-х. лит-ра, 1959. – 576 с.

УДК 626.823.004.57:626.82-192

**Ю. М. Косиченко, Е. И. Шкуланов** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **ОЦЕНКА РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ И ЭРГОНОМИЧНОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации [1], водохозяйственная система (далее ВС) представляет собой комплекс водных объектов, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов при помощи гидротехнических сооружений и средств водоучета.

Срок службы многих ВС мелиоративного назначения в настоящее время составляет 40-60 лет и ежегодно затраты на их поддержание в работоспособном состоянии составляют сотни миллионов рублей.

Большую долю этих затрат составляют, наряду с техническим несовершенством элементов ВС, большой достаточный физический износ, недостаточная приспособленность к обслуживанию и ремонту при эксплуатации, характеризующиеся ремонтпригодностью и эргономичностью.

Проведенные в 2009-2010 гг. сотрудниками ФГНУ «РосНИИПМ» обследования ВС в Ростовской, Астраханской областях и в Ставропольском крае (было обследовано четыре крупных магистральных канала – Донской, Пролетарский, Право-Егорлыкский, Ушаковский и более 120 гидротехнических сооружений) показали, что техническое состояние магистральных каналов на некоторых участках и около 40 % гидротехнических сооружений неудовлетворительное, а в некоторых случаях – аварийное.

Техническое состояние обследованных ВС определялось по обобщенным эксплуатационным характеристикам надежности их работы. Для наглядности на рисунке 1 представлена модель системы эксплуатации, состоящая из управляющей и управляемой подсистем и для каждой подсистемы даны эксплуатационные характеристики, необходимые для оценки технического состояния ВС.



**Рис. 1. Модель системы эксплуатации ВС и их эксплуатационные характеристики**

На эксплуатационной модели ВС показано, что важной эксплуатационной характеристикой системы является надежность – свойство системы сохранять во времени и установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения и технического обслуживания.

Одной из основных характеристик надежности является ремонтпригодность, которая традиционно трактуется в широком смысле и эквивалентна международному термину как «приспособленность к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния объекта» или, короче, «поддерживаемость» (maintainability), путем технического обслуживания и ремонта.

Другой эксплуатационной характеристикой подсистемы является эргономичность, что, на наш взгляд, представляет собой дополни-

тельное свойство ремонтпригодности, которое включает в себя понятие «обслуживаемость», т.е. приспособленность объекта, в данном случае ВС, к технологическому и техническому обслуживанию.

В более широком смысле эргономика – область науки, исследующая человека (или группу людей) и его (их) деятельность в условиях производства с целью улучшения орудий, условий и процесса труда.

Кроме того, допускается дополнительно к этим терминам применять термины «контролепригодность», «приспособленность к диагностированию», «эксплуатационная технологичность».

Количественные показатели, а также качественная оценка ремонтпригодности должны быть определены при разработке проекта в разделе «Инструкции по эксплуатации конкретного элемента ВС (канала, сооружений)», но, как правило, такие данные отсутствуют. Опыт показывает, что основным условием выбора состава показателей ремонтпригодности является минимизация экономических критериев из-за остановки, неработоспособности того или иного элемента ВС. Если же потери из-за остановки значительны и превосходят затраты на ремонт, тогда в качестве основных нормируемых показателей ремонтпригодности применяются временные (т.е. показатели убытков, последовавших в результате неработоспособности ВС). Опыт эксплуатации ВС показывает, что, в основном, потери от остановки незначительные, а затраты на ремонт существенные, поэтому, обычно, принимаются экономические и технические показатели ремонтпригодности.

Анализ научных работ [2, 3], нормативных данных по количественным характеристикам надежности различных технических систем показывает, что основными показателями, отражающими наиболее важные признаки ремонтпригодности и эргономичности, являются затраты времени, труда и средств на техническое обслуживание и ремонт (далее ТОиР). Это позволяет предложить для оценки ремонтпригодности и эргономичности при ТОиР следующий ряд показателей: суммарную трудоемкость для всей ВС; трудоемкость отдельного вида элемента ВС, удельную трудоемкость; суммарную продолжительность ТОиР для всей ВС и отдельного элемента; суммарную стоимость ТОиР и отдельного элемента; удельную стоимость ТОиР; коэф-

фициент готовности и ремонтпригодности; коэффициент доступности; коэффициент легкоъемности; коэффициент контролируемости.

В статье в понятие техническое обслуживание и ремонт включены затраты только на техническое обслуживание и текущие ремонты (затраты на капитальные ремонты и реконструкцию оцениваются отдельно).

Эффективность эксплуатации определяется по количественным показателям ремонтпригодности и эргономичности в сравнении с базовыми.

Изучение опыта эксплуатации и проведение исследования ВС в Южном и Северо-Кавказском Федеральных округах позволили определить оптимальные количественные значения оценки ремонтпригодности, которые ФГНУ «РосНИИПМ» рекомендуются как базовые.

Путем сопоставления полученных значений показателей ремонтпригодности конкретных ВС с базовыми оценивается их техническое состояние.

Для оценки ремонтпригодности и эргономичности ВС в целом достаточно следующих показателей:

1. Годовая суммарная трудоемкость ТОиР по ВС.

Определяется как сумма трудоемкостей по ТОиР всех элементов ВС, которые ремонтировались в течение года. Расчет производится по формуле:

$$Tr_{\text{рем}} = \sum_{i=1}^n Tr_i^{\circ},$$

где  $Tr_i^{\circ}$  – трудоемкость ремонта  $i$ -го элемента ВС, чел.-ч;

$n$  – число сооружений (элементов) на ВС, на которых производился ТОиР.

ФГНУ «РосНИИПМ» рекомендует плановую систему технического обслуживания и ремонта ВС, которая предусматривает выполнение текущих и капитальных ремонтов через строго определенные промежутки времени [2]. Кроме того, этой системой предусматривается выполнение внеплановых аварийных работ, финансовые отчисления на которые должны быть в пределах 20 % от общих затрат на текущий ремонт. Работы на ВС должны быть спланированы так, чтобы суммарная годовая трудоемкость ТОиР по годам отличалась

от предыдущего года не более, чем на 10 % (трудоемкость выполнения капитальных ремонтов не учитывается).

## 2. Удельная годовая трудоемкость ремонта ВС.

Рекомендуется выразить отношением суммарной трудоемкости ремонта за календарный год к осредненному секунднему расходу  $Q_c$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), на головном водозаборном сооружении:

$$T_{p_{уд}} = \frac{T_{p_{рем}}}{Q_c}.$$

3. Суммарная (в течение года) продолжительность ремонтов  $T_p$  определяется по формуле:

$$T_{p_{рем}} = \sum_{i=1}^n T_{p_{ремi}}^э,$$

где  $T_{p_{ремi}}^э$  – продолжительность ремонта  $i$ -го элемента (сооружения) ВС, час;

$n$  – количество сооружений (элементов), находившихся в ремонте.

4. Суммарная годовая стоимость ТОиР  $C_p$  (без учета стоимости капитальных ремонтов) определяется по формуле:

$$C_p = \sum_{i=1}^n C_{p_{ремi}}^э \leq 0,02(C_6^{BC}),$$

где  $n$  – число отремонтированных элементов (сооружений);

$C_6^{BC}$  – балансовая (первоначальная или восстановительная) стоимость ВС, руб.;

$C_{p_{ремi}}^э$  – стоимость ремонта  $i$ -го элемента (сооружения) ВС.

Суммарные ежегодные затраты на ТОиР (с учетом только текущих ремонтов) по годам не должны превышать затраты предыдущего года на более 10-15 % в современных ценах.

По результатам обследования и изучении опыта эксплуатации ВС Южного и Северо-Кавказского округов ФГНУ «РосНИИПМ» рекомендует планировать ежегодные суммарные затраты на ТОиР (без учета капитальных ремонтов) до 2 % от первоначальной (восстановительной) стоимости ВС в современных ценах. Это не означает, что в ремонта будут находиться все элементы (сооружения) ВС. Каждый элемент (сооружение) ВС должен иметь научно обоснованный ремонтный срок службы.

5. Годовые затраты (но не ежегодные) на ТОиР отдельных элементов (сооружений) ВС  $C_i^3$  не должны превышать 40 % от их балансовой первоначальной (восстановительной) стоимости ( $C_{би}^3$ ), в противном случае необходимо планировать выполнение капитальных ремонтов или реконструкции элементов (сооружений), при этом затраты на их проведение не должны превышать 70 % от первоначальной (восстановительной) стоимости элемента (сооружения) ВС.

$$C_{pi}^3 \leq 0,4C_{би}^3,$$

где  $C_{pi}^3$  – стоимость ремонта  $i$ -го элемента (сооружения);

$C_{би}^3$  – первоначальная балансовая (восстановительная) стоимость  $i$ -го ремонтируемого элемента (сооружения).

6. Коэффициент готовности ( $K_r$ ) – вероятность того, что ВС будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени в промежутках между выполнениями планового ТОиР зависит от уровня ответственности ВС и определяется по формуле:

$$K_r = \frac{T}{T + T_b} \geq 0,95,$$

где  $T$  – время нахождения ВС в работоспособном состоянии;

$T_b$  – время восстановления (ремонта) ВС.

7. Коэффициент технического обслуживания – отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии  $\bar{T}_{\text{сум}}$  за некоторый период эксплуатации к сумме математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, времени простоев  $\bar{T}$ , обусловленных техническим обслуживанием  $\bar{T}_{\text{обсл}}$ , времени плановых и межплановых ремонтов  $\bar{T}_{\text{рем}}$  за тот же период эксплуатации. Этот коэффициент определяется по формуле:

$$K_{\text{т.о.}} = \frac{\bar{T}_{\text{сум}}}{\bar{T}_{\text{сум}} + \bar{T}_{\text{рем}} + \bar{T}_{\text{обсл}}} \geq 0,95.$$

В случае, если ВС обеспечивает систему водоснабжения, то коэффициент технического обслуживания должен быть  $K_{\text{т.о.}} \geq 0,95$ , т.к. системы водоснабжения рассчитаны на обеспеченность  $P = 95\%$ .

8. Коэффициент ремонтпригодности элемента (сооружения) ВС определяется по формуле:

$$K_p^3 = \frac{C_{pi}^3}{C_6^3} \leq 0,4.$$

Для ремонтпригодности используется коэффициент оперативной готовности:

$$K_{o.g.} = K_r P(t_p),$$

где  $P(t_p)$  – вероятность безотказной работы объекта в течение срока службы.

9. Коэффициенты доступности ( $K_{дл}$ ) при выполнении ТОиР или легкоъемности ( $K_{л}$ ), характеризующие напрямую эргономичность ВС, определяют по следующим формулам:

$$K_{д} (K_{л}) = \frac{\bar{T}p_{осн}}{\bar{T}p_{осн} + \bar{T}p_{доп}} \geq 0,95,$$

где  $\bar{T}p_{осн}$  и  $\bar{T}p_{доп}$  – средняя трудоемкость основных и дополнительных видов работ элементов (сооружений) ВС при выполнении ТОиР.

Количественные показатели ремонтпригодности, как и других показателей надежности, – величины случайные. Для их установления должны использоваться приемы теории вероятности, математической статистики и теории массового обслуживания. Поэтому для получения достоверной информации по ремонтпригодности необходимо по каждой ВС иметь банк данных по основным параметрам, характеризующим их работу.

Эргономичность напрямую зависит от технических средств эксплуатации и управления, которые включают комплекс технологического оборудования, приборов и датчиков для сбора, обработки и передачи информации и формированию сигналов или команд, управляющих технологическими оборудованием и процессами на ВС. Высокой эффективностью и приспособленностью к обслуживанию обладают средства местной электроавтоматики, которые включают в себя электрофицированные подъемники затворов, датчики контроля технологических параметров, шкафы управления и щиты автоматики, программные и измерительные устройства.

Эффективность работы управляемых объектов ВС обеспечивается диспетчеризацией, т.е. централизованным оперативным контролем и управлением технологическим оборудованием с использованием современных средств передачи и обработки информации и управления технологическими процессами на ВС.

Диспетчерской связью должны быть оборудованы все управленческие объекты ВС (водозаборные сооружения, насосные станции, узлы командования, шлюзы-регуляторы, точки выдела воды, поливная техника), позволяющие обеспечить удобство и высокую степень эргономичности их обслуживания.

Кроме того, изучение опыта эксплуатации сооружений и технических средств других отраслей показывает, что наиболее эффективной системой эксплуатации является планово-предупредительная система. ФГНУ «РосНИИПМ» рекомендуется для ВС планово-предупредительную систему эксплуатации, как наиболее эффективную и надежную, схема которой представлена в работе [4].

#### **Выводы:**

- представленные базовые количественные показатели ремонтпригодности и эргономичности ВС получены на основании изучения нормативной документации, научно-технических работ и опыта эксплуатации ВС;

- обследования водохозяйственных систем Южного и Северо-Кавказского федеральных округов позволили определить их реальные показатели по ремонтпригодности, эргономичности и связанные с ними технические параметры (коэффициент полезного действия, фильтрационные потери, геометрические и гидравлические параметры – пропускную способность, площадь живого сечения, средние скорости потока и т.д.), которые дали возможность определить качественную оценку технического состояния ВС как не вполне удовлетворительное, а некоторых участков каналов и сооружений как неудовлетворительное и очень низкие показатели ремонтпригодности и эргономичности;

- многолетний опыт эксплуатации ВС показывает, что эффективность эксплуатации (высокие показатели ремонтпригодности и эргономичности) может быть обеспечена соблюдением планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта;

- полученные данные по ремонтпригодности и эргономичности обследованных ВС, показали на необходимость и целесообразность проведения реконструкции и модернизации.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Водный кодекс № 74-ФЗ от 03.06.2006 г.
- 2 Мирцхулава Ц. Е. О надежности крупных каналов. – М.: Колос, 1981. – 318 с.
- 3 Зюбенко С. Ш. Количественные характеристики надежности лотковых каналов. – Труды ВНИИГиМ, 1972. – С. 18-23.
- 4 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: моногр. / под общ. ред. акад. РАСХН, д-ра техн. наук, проф. В. Н. Щедрина; сост.: В. Н. Щедрин и [др.]. – М.: ФГНУ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

УДК 626.81

**Р. Ю. Сахаров** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ**

Вода является важнейшим ресурсом развития цивилизации. Это связано с повсеместным распространением, содержанием практически во всех веществах и соединениях. Вода обладает свойствами, не присущим другим жидкостям. Все жидкости при замерзании уменьшаются в объеме, плавучесть становится отрицательной, но случае с водой происходит обратное. Вода является агрессивным веществом. В природе она содержится в твердом, жидком, газообразном состоянии, а также в живых организмах и кристаллогидратах.

Вода является самым распространенным веществом в мире. Свыше 97 % воды сосредоточено в морях и океанах. На долю пресной воды приходится примерно 3 % с учетом того, что она является основой и используется повсеместно. Из этих ресурсов 2 % составляют ледники и снежники. Жидкая вода в своем большинстве находится под землей (около 98 %). Остальная вода приходится на поверхностные воды, пар и соединения.

По подсчетам ООН, к 2015 году в странах с хронической нехваткой воды будет проживать более половины населения планеты. К 2025 году две трети человечества окажется в недостатке или безво-

дье. При этом нет влиятельной организации и норм международного права, которые могли бы регулировать распределение воды.

Ежегодно в мире на бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение расходуется примерно  $4000 \text{ км}^3/\text{год}$ , что составляет 4,5 % пресной воды поверхностных источников (озер, рек, водохранилищ). Эти источники составляют основу водоснабжения, причем объем водопотребления растет от 10 до  $70 \text{ км}^3$ .

При кажущемся изобилии ресурсы весьма ограничены. 70,8 % поверхности земного шара покрыто водой при общем размере поверхности  $510 \text{ млн}/\text{км}^2$ . Ледники занимают 11 % ( $16,3 \text{ млн}/\text{км}^2$ ). Озера и реки составляют  $2,3 \text{ млн}/\text{км}^3 - 1,7 \%$ , но если добавить к этому снежный покров это составит примерно 86 % всей территории земного шара.

Россия относится к странам с хорошим обеспечением водными ресурсами. По оценкам количество возобновляемых водных ресурсов составляет 10 % мирового речного стока. Это оценивается в  $4,3 \text{ тыс. км}^3 \text{ год}$ . В целом по стране обеспеченность водными ресурсами составляет  $30,2 \text{ тыс. м}^3$  на человека в год. Большая часть водных ресурсов сосредоточена на севере страны, что не соответствует распределению населения, сельского хозяйства и промышленности. На европейской части страны, где сосредоточено 70 % населения и производственного потенциала приходится не более 10 % водных ресурсов.

Общее количество подземных запасов подземных вод, пригодных для использования составляет около  $34 \text{ км}^3$  в год, а ресурсный потенциал подземных вод составляет почти  $400 \text{ км}^3$  в год. Обеспеченность территории Российской Федерации запасами подземных вод также не равномерна. На современном этапе в России есть большое количество проблем по использованию и качеству водных ресурсов, нерациональное использование водных ресурсов.

Водоёмкость валового внутреннего продукта Российской Федерации составляет около  $2,4 \text{ м}^3/\text{тыс. рублей}$ , значительно превышая аналогичные показатели стран с развитой экономикой.

Основными факторами нерационального использования водных ресурсов являются: применение устаревших водоемких производных технологий, высокий уровень потерь воды при транспортировке, недостаточная степень оснащённости водозаборных сооружений систе-

мы учета, отсутствие эффективных экономических механизмов, стимулирующих бизнес к активному внедрению прогрессивных водосберегающих технологий, систем оборотного водоснабжения сокращению непроизводительных потерь воды.

Объем потерь воды при транспортировке в Российской Федерации составляет до 8 км<sup>3</sup> в год. Свыше 4,8 км<sup>3</sup> воды в год теряется в орошаемых землях из-за низкого технического уровня и значительной степени износа мелиоративных систем и ГТС, около 3 км<sup>3</sup> в год или 20 % общего объема поданной в водопроводную сеть воды теряется из-за неудовлетворительного состояния систем центрального водоснабжения. Проблемами использования подземных вод является: низкая степень освоения запасов подземных вод, неиспользование около половины числящихся на государственном учете разведанных и оцененных месторождений подземных вод, добыча значительной доли подземных вод на участках недр, не имеющих утвержденных запасов подземных вод, истощение запасов подземных вод из-за нарушения режимов использования, дефицит водных ресурсов.

В ряде случаев возникновение дефицита обусловлено некомплексным использованием водных ресурсов. Сложный узел проблем возник в низовьях р. Волги, где требуется системное переустройство водохозяйственного комплекса. Сложная водохозяйственная ситуация периодически складывается в бассейнах Кубани и Терека. Основными причинами являются:

- неравномерность распределения водных ресурсов на территории Российской Федерации;
- ограниченность регулирующей возможности водохранилищ;
- несоответствие качества питьевой воды гигиеническим нормативам.

Услугами центрального водоснабжения пользуются 75 % населения. В крупных и средних городах центральным водоснабжением пользуется почти все население, в малых городах и поселках городского типа, а также сельских населенных пунктах этот показатель не превышает 60 %. В свою очередь по показателю доступности Российская Федерация уступает развитым странам – у них этот показатель составляет 90-95 % и более. Из общего объема воды, подаваемой в центральные системы водоснабжения населенных пунктов только 59 %, пропускается через системы водоподготовки. В сельских рай-

онах этот показатель составляет 20 %. Около 27 % водозаборов из поверхностных источников водоснабжения не имеют комплекса очистных сооружений, в том числе 16 % не оснащены обеззараживающими установками.

Каждый второй житель РФ вынужден использовать для питьевых целей воду, не соответствующую по ряду нормативных показателей, треть воды используется без должной подготовки, население ряда регионов страдает от недостатка питьевой воды и связанных вместе с этим санитарно-бытовых условий.

Водная стратегия включает меры как экологического, технического и управленческого подхода, так как только комплексный подход может решить проблемы агропромышленного комплекса. И включает в себя: государственное управление использованием и охраной водных ресурсов.

Российская Федерация является страной умеренных гидрологических рисков, площадь затопляемых территорий составляет около 400 тыс. км<sup>2</sup> (менее 2,5 % территории), из которых ежегодно затопляется 50 тыс. км<sup>2</sup>. Затоплению подвержены 746 городов, из которых более 40 крупных, более 7 млн га сельскохозяйственных угодий. В течение последних нескольких лет ежегодный ущерб от наводнений составлял 2 млрд руб. в год. Основными причинами от наводнений является застройка паводкоопасных территорий, в том числе бьефов гидроузлов, недостаточная степень защиты поселений сооружениями гидрологической защиты, не соответствие современным требованиям заблаговременности и прогнозов. Риск наводнений и иного воздействия вод будет сохраняться и усиливаться в будущем в связи с учащением опасных гидрологических явлений и новых климатических особенностей, а также увеличением антропогенной нагрузки.

Водный кодекс был принят Федеральным законом от 4 декабря 2006 года № 201-ФЗ. Водные ресурсы являются одними из важнейших ресурсов государства, и водный кодекс является документом, который определяет правила, возможность и ответственность за нарушения, и другие важные аспекты водного законодательства.

Государственный водный реестр является сводом документов о водных объектах в федеральной собственности. В нем осуществляются регистрации договоров, решений о предоставлении водных объектов в пользование и других действий. Водный реестр ведется Феде-

ральным агентством водных ресурсов. Назначение реестра состоит в информационном обеспечении, охране водных объектов и планированию мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации последствий.

Схемы комплексного использования охраны водных объектов предназначены для осуществления водохозяйственной деятельности и осуществления мероприятий по охране водных объектов. Они устанавливают целевые показатели качества воды, перечни мероприятий, лимиты и квоты по заборам и выбросам. На их основе разрабатываются и устанавливаются нормативы воздействия на водные объекты.

Оценка потребности в водных ресурсах в перспективе также является важной задачей, в особенности с учетом дальнейшей перспективы развития. При разработке Схем выделяются следующие этапы выполнения работ:

- сбор, первичная обработка и анализ исходной информации;
- выявление и ранжирование по степени значимости проблем: использования и охраны водных объектов; наличие водных ресурсов, их доступности для использования; возможных негативных воздействий вод;
- формулирование основных целей, оценка их достижимости в течение планируемого периода реализации Схемы, установление целевых показателей;
- определение возможных наборов мероприятий по поэтапному достижению установленных целевых показателей;
- социально-экономическая оценка реализации возможных наборов мероприятий;
- выбор набора мероприятий для реализации, окончательное определение положений Схемы, этапов ее реализации, индикаторов достижения целевых показателей и программы мониторинга хода реализации Схемы.

В целом Российская Федерация обеспечена водными ресурсами, но в силу ряда факторов испытывается дефицит водных ресурсов. Причинами этого являются как природные (неравномерность стока, климат, распределение осадков), так и техногенные (нерациональное использование водных ресурсов, устаревшие технологии и прочее) факторы.

Проблему обеспечения водными ресурсами можно решить отка-

зом от непланового водопользования, соблюдением бассейновых схем. Принятием во внимание новых факторов (смена климата и прочее) при пользовании водными ресурсами. Во время планирования социально-экономических мероприятий в пределах своей компетенции органами региональной власти следует предусматривать меры по охране, восстановлению и рационализации использования водных ресурсов. Также важен комплексный подход к проблеме водопользования, так как в этом случае можно будет обеспечить улучшение качества водных ресурсов, сокращение потерь воды и увеличение эффективности использования водных ресурсов.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Алексеевский Н. И., Гладкевич Г. И. Водные ресурсы в мире и в России за 100 лет. – <http://www/rus-stat.ru>.

2 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года // Распоряжение от 27 августа 2009 г. – № 1235 р.

3 Об утверждении методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов // Приказ министерства природных ресурсов РФ от 4 июля 2007 г. – № 169.

4 Водный кодекс Российской Федерации (с комментарием) (с изменениями на 27 декабря 2009 года) о введении в действие Водного Кодекса.

5 Постановление Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2007 года № 253 «О порядке ведения государственного водного реестра».

УДК 556.55.004.58

**Ю. А. Кафтанатий** (ФГОУ ВПО «НГМА»)

### **О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ<sup>1</sup>**

Прежде чем говорить непосредственно о состоянии малых водоемов, необходимо определиться с самим понятием как такового малого водоема.

С гидротехнической точки зрения, малый водоем – это комплекс небольших гидротехнических сооружений (плотина, дамба, водо-

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

сброс, водоспуск, ложе, инженерные защитные конструкции и др.), предназначенный для задержания и аккумуляирования главного стока. Его водные ресурсы используются одним водопотребителем и/или водопользователем, но для различных нужд [1].

К малым водоемам относятся малые водохранилища, пруды, копани, наливные водоемы, естественные водоемы, искусственные лиманы, различные накопители, «туземные» водоемы.

Если говорить об их параметрах, то они имеют объем аккумуляированной воды менее 10 млн м<sup>3</sup>, а площадь водной поверхности до 200 га.

Особо следует остановиться на понятиях «пруд» и «малое водохранилище», так как об их состоянии ниже пойдет речь.

Пруд – водоем, образуемый путем перегораживания плотиной балки, оврага, лога, мелкого ручья и заполняемого талыми и дождевыми водами. В отдельных случаях для заполнения пруда используются подземные воды, откачиваемые, например из шахт.

Малое водохранилище – водоем, образуемый путем перегораживания реки плотиной.

В настоящее время на территории каждой области России существует от нескольких сотен до нескольких тысяч малых водоемов. В таблице 1 приведены данные о наличии водохранилищ и малых водоемов в бассейне р. Дон.

Таблица 1

### Водные объекты бассейна р. Дон

Наименование водных объектов	Количество	Полный объем, млн м <sup>3</sup>	Общая площадь зеркала при НПУ, км <sup>2</sup>	Процент к стоку	
				объема	площади зеркала
Водоохранилища более 10 млн м <sup>3</sup>	28	27610,2	3779	88,5	73,7
Водоохранилища менее 10 млн м <sup>3</sup>	502	1025,4	361	3,3	7,0
Малые водоемы	7537	2560,6	985,6	8,2	19,3
Итого	8067	31195,6	5125,6	100	100

Из приведенных ниже данных видно, что наибольший объем водных ресурсов (88,5 %) аккумуляирован в небольших, средних и

крупных водохранилищах. В то же время малые водоемы и водохранилища более чем в 14 раз превышают их по численности, имеют небольшой объем (11,5 %) и значительную площадь водного зеркала (26,3 %).

Техническое состояние малых водоемов в каждой области примерно одинаково. Разрешите в качестве примера привести Московскую область, где силами ученых МГУП приведено обследование 189 таких водных объектов [2].

Ими установлены технические параметры сооружений, состояние каждого из них и гидроузла в целом, выполнена оценка возможности их аварии и степень опасности для территории.

В таблице 2 представлено распределение гидроузлов по техническому состоянию, большинство из них находится в потенциально-опасном (50,8 %) или аварийном (14,3 %) состоянии и лишь немногим более чем у трети (34,9 %) состояние можно признать как удовлетворительное и нормальное.

Таблица 2

**Распределение ГТС по техническому состоянию и виду требуемого ремонта**

Показатель	Техническое состояние ГТС			
	нормальное	удовлетворительное	потенциально опасное	аварийное
Вид ремонта	-	текущий	капитальный	капитальный
Число	20	46	96	27
%	10,6	24,3	50,8	14,3

В соответствии с Российским регистром ГТС, безопасность их классифицируется по четырем уровням: нормальному, пониженному, неудовлетворительному и опасному. Среди обследуемых отсутствуют гидроузлы, сооружения которых могли бы быть отнесены к нормальному уровню безопасности. Число сооружений, отвечающих остальным уровням, приведены в таблице 3.

На 178 обследованных гидроузлах отсутствуют службы эксплуатации, что приводит к невозможности выполнения своевременных ремонтных работ и проведение мониторинга. Показатели по ним приведены в таблице 4.

Таблица 3

**Распределение гидроузлов по уровню безопасности**

Показатель	Уровень безопасности		
	пониженный	неудовлетворительный	опасный
Число	71	63	55
%	37,6	33,3	29,1

Таблица 4

**Распределение гидроузлов по уровню безопасности в зависимости от наличия службы эксплуатации**

Показатель	Со службой эксплуатации	Без службы эксплуатации
Уровень безопасности опасный		
Число гидроузлов	3	54
%	27,3	30,3
Неудовлетворительный		
Число гидроузлов	4	59
%	36,4	33,1
Пониженный		
Число гидроузлов	4	65
%	36,4	36,5
Всего	11	178
%	5,8	94,2

Что касается ЮФО, то здесь состояние еще более критическое из-за климатических особенностей.

Такое положение с малыми водоемами – серьезная проблема, обязанная своим возникновением целому ряду причин, истекающих, в основном, из нерешенности целого комплекса технических, правовых и финансовых вопросов. К ним относятся: неудовлетворительное состояние основных сооружений, значительный возраст, отсутствие службы эксплуатации, проектно-технической документации на местах, а также контрольно-измерительной аппаратуры, что делает невозможным выполнить оценку состояния сооружений по диагностическим показателям, и, наконец, отсутствие финансирования ремонтных мероприятий в течение ряда лет. Собственники сооружений не вкладывают никаких средств в ремонтные работы, а бюджетных средств выделяется недостаточно.

В дальнейшем, если нам дороги вода, земля и, вообще, природная среда, необходимо в корне изменить отношение к малым водоемам посредством научного устранения вышесказанных причин.

## **Выводы.**

1. Для исправления сложившейся обстановки необходимо в каждой области провести инвентаризацию всех малых водоемов.
2. На основе выполненной оценки составить научные рекомендации по дальнейшему использованию водных и земельных ресурсов данных объектов.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Белов В. А. Восстановление малых водоемов: учебное пособие / В. А. Белов. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – С. 5-7.
- 2 Каганов Г. М. Техническое состояние гидротехнических сооружений мелиоративных водохранилищ в Московской области / Г. М. Каганов, В. И. Волков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 10-14.
- 3 Каганов Г. М. Оценка технического состояния небольших (малых) плотин (по данным инвентаризации в Московской области) / Г. М. Каганов, В. И. Волков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 2. – С. 42-45.

УДК 626.823:556.55:504

**С. В. Фомин** (ФГОУ ВПО «НГМА»)

## **ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАНАЛОВ И МАЛЫХ ВОДОЕМОВ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ<sup>1</sup>**

Природная среда – это совокупность природных условий, в которых протекает деятельность человека.

Система мер, направленных на поддержание взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой, обеспечивающих сохранение и восстановление природных ресурсов, предупреждающих прямое и косвенное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье, является главной задачей по охране природы.

Каналы и малые водоемы, созданные и создающиеся человеком, представляют объекты, которые оказывают влияние на природную среду, как и она в свою очередь влияет на них. Отсюда есть необхо-

---

<sup>1</sup> – Издаётся в авторской редакции.

димось в анализе взаимодействия данных водных объектов с природной средой для уменьшения негативных процессов в их взаимодействии.

Устраивая каналы, человек создает искусственные водные потоки. Необходимость в их строительстве на Кавказе обусловлена крайне неравномерным распределением водных потоков. Для их перераспределения между бассейнами рек построены многочисленные каналы и водохранилища. Так, например, из Кубани до  $0,74 \text{ км}^3$  воды ежегодно перебрасывается в бассейн р. Маныч (Невинномысский канал), Ставропольский край  $0,07 \text{ км}^3$  (Большой Ставропольский канал) и т.д. [1].

В результате хозяйственной деятельности за последние 50-70 лет произошло значительное уменьшение годового стока основных рек: Кубани – на  $4,1 \text{ км}^3$ ; Терека –  $5,1$ ; Сулака –  $1,2$ ; Самура –  $1,3$  и Куры на  $11,7 \text{ км}^3$ , что составляет 30-60 % от их годового стока в устьях [2].

Сравнивая искусственные и естественные водные потоки, необходимо отметить, что первые во многом зависят от управления им человеком и в меньшей степени – от природы. Естественные, наоборот, в основном регулируются природой и частично – человеком.

Однако, несмотря на незначительное управление водой в каналах, природа от 2 % и более забирает на фильтрацию и испарение. Устранить эти непроизводительные потери в открытом русле в условиях жаркого климата практически невозможно. Такие потери воды в дальнейшем недопустимы. Недалеко то время, когда вода станет стратегическим сырьем. От ее нехватки будут страдать, по прогнозам мировых ученых, около 40 % населения земного шара. Трех миллиардам землян скоро нечего будет пить [3].

Малые водоемы заполняются водой за счет снеготаяния, дождевых или подземных вод. Данные факторы питания водного объекта зависят от месторасположения, климата, гидрологии и других природных условий. Роль человека здесь заключается лишь в выборе размещения объекта.

К другим факторам, которые оказывают влияние на созданные малые водоемы, следует отнести заиление, зарастание, испарение, фильтрация, несовершенство законодательной базы.

В то же время малые водоемы влияют на сток рек и особенно – балок. Оно сводится, в основном, к задержанию части стока. В период половодья это приводит к существенному снижению максимальных расходов воды. На малых реках задерживается и меженный сток, причем на многих небольших реках полностью. Объем таких водоемов, по отношению к стоку бассейна, в среднем, составляет около 10 %, изменяясь в отдельных бассейнах рек от 1 % до 100 %. К примеру, на малых реках междуречья Дона и Кубани построено 1,5 тысячи прудов общим объемом 530 млн м<sup>3</sup>. Годовой сток рек этой зоны равен 600 млн м<sup>3</sup>. Из этого следует, что существенным фактором влияния малых водоемов на природную среду является снижение части стока реки, из-за чего происходит обмеление, зарастание реки, ее деградация.

Другим фактором отрицательного влияния является вывод земельных ресурсов из землепользования. Это происходит из-за заиления. Все малые водоемы интенсивно заиляются, ежегодно теряя от 2 % до 8 % своего объема. Поступающий в небольшие пруды объем наносов достигает 100-200 м<sup>3</sup> в год, а в крупные – до 1000-2000 м<sup>3</sup>.

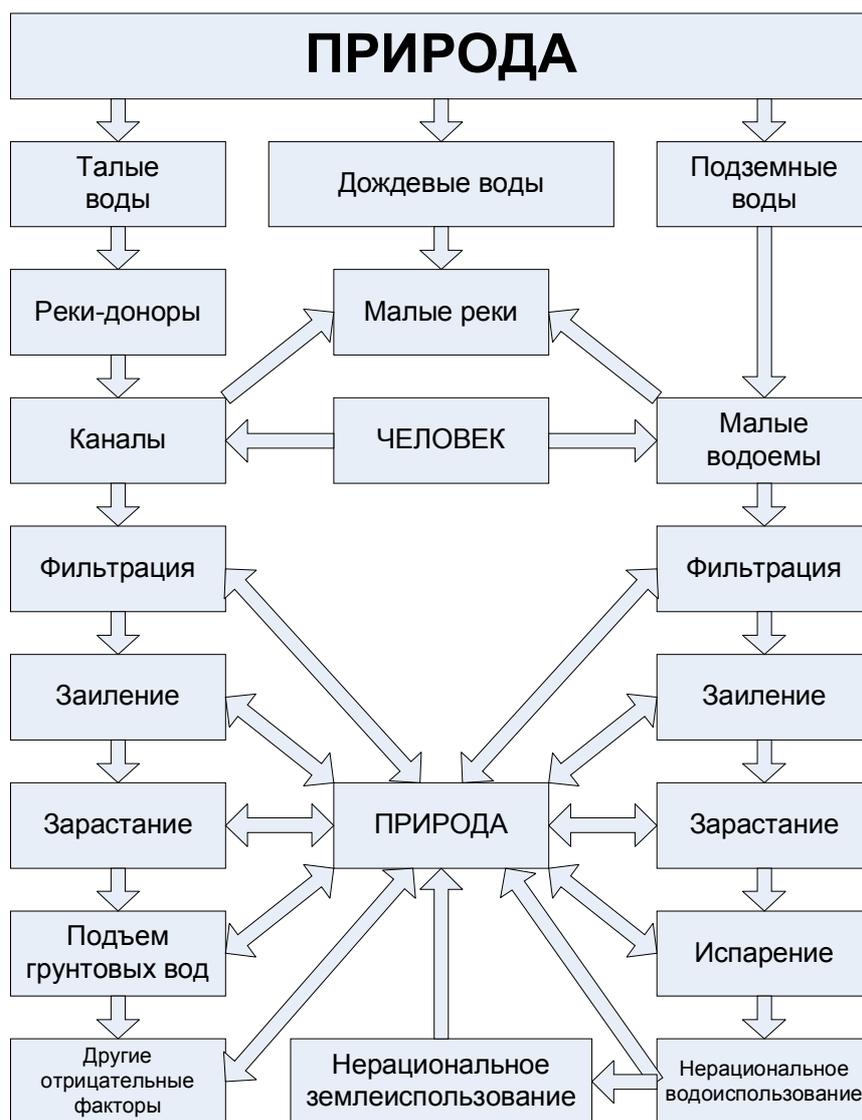
В силу бесхозяйственного отношения человека, малые водоемы, как правило, не очищаются от наносов, а поэтому со временем их ложе превращается в непригодную для землепользования площадь. На ней скапливается загрязненная вода, вырастает тростник и сорная растительность.

Есть другие отрицательные факторы, но их влияние со стороны малых водоемов на окружающую среду незначительно.

На основе вышесказанного, взаимодействие искусственных водных объектов с окружающей средой следует представить в виде схемы, показанной на рисунке 1.

В целях совершенствования проектирования рассматриваемых водных объектов и снижения их отрицательного воздействия на природную среду предлагается следующее.

При создании искусственной гидрографической сети водные потоки транспортировать по трубам, как нефть и газ. Каналы выполнять лишь в случаях, удовлетворяющих сохранности ценного природного сырья, воды, с приложением соответствующего экономического обоснования.



**Рис. 1. Схема взаимодействия каналов и малых водоемов с природной средой**

Что касается малых водоемов, то в настоящее время необходимо в большей степени направить усилия на рекультивацию бесхозных объектов. Для чего в первую очередь обеспечить не аккумуляцию, а пропуск воды через ложе не эксплуатируемого водоема в реку.

Рекомендуются следующие схемы:

Схема 1.

На малом водоеме имеется водосбросное сооружение, которое находится в работоспособном состоянии или его можно привести к такому состоянию.

В этом случае по ложу малого водоема к водосбросному сооружению устраивается подводящий канал.

## Схема 2.

На малом водоеме сохранился донный водоспуск. По нему можно сбрасывать воду.

В данной ситуации отрывается котлован в месте входного оголовка водопропускного сооружения. В него помещается труба, которая присоединяется к входной части донного водоспуска.

## Схема 3.

Водопропускные сооружения на малом водоеме отсутствуют или их нельзя восстановить.

Для пропуска водного потока, при отсутствии возможности прохождения его через водопропускные сооружения, необходимо выполнить по ложу подводящий канал. В месте его пересечения с плотиной водный поток следует перевести в трубы, которые должны быть уложены на отметке проводящего канала. На низовом откосе вода перемещается по ж/б лотку из Г-образных блоков. Соединение блоков производится трапецеидальным выступом, служащим одновременно для предотвращения сточных течений.

Выход воды в нижнем бьефе рекомендуется осуществлять по лотку в виде раструба, ширина которого в конце должна быть равна устойчивой ширине русла.

Водопропускные сооружения отсутствуют, как правило, на «туземных» водоемах. В этом случае часто на практике наблюдается разрушенная земляная плотина и рядом размывтая траншея, которая выполняла роль водосброса.

Для безаварийного пропуска водного потока и охраны окружающей среды требуется балку освободить от земляной насыпи посредством перемещения грунта в траншею. При отсыпке грунта следует придерживаться технологии по возведению качественных насыпей. По окончанию засыпки траншеи необходимо выполнить рекультивационные работы.

## **Выводы.**

1. При создании каналов и малых водоемов человек для своих нужд забирает у природы водные и земельные ресурсы, которые часто используются нерационально.

2. В процессе эксплуатации природа воздействует на эти водные объекты, вследствие чего происходит фильтрация, заиление, зарастание и другие негативные процессы.

3. Для гармоничного взаимовлияния каналов и малых водоемов с окружающей природной средой необходимы дальнейшие научные исследования по совершенствованию проектирования, строительства и эксплуатации данных водных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Лурье П. М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 506 с.

2 Водные ресурсы Закавказья / под ред. Г. Г. Сванидзе, В. Ш. Цомал. – Л. – Гидрометеиздат, 1988. – 264 с.

3 Водные ресурсы Ставрополя. – Ставрополь. – Департамент «Ставрополькрайводхоз», 2001. – 288 с.

УДК 626.81:338.43

**Г. А. Сенчуков, А. С. Капустян (ФГНУ «РосНИИПМ»)**

### **ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В АПК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Гарантированное обеспечение потребностей агропромышленного комплекса в водных ресурсах требует безусловного повышения рациональности их использования, снижения водоемкости производства сельскохозяйственной продукции и непроизводительных потерь воды.

Повышение рациональности использование водных ресурсов наиболее актуально для районов с напряженным водохозяйственным балансом, т.к. сокращение объемов используемых здесь водных ресурсов позволит сохранить устойчивость экосистем за счет снижения количества загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты со сбросными водами и, следовательно, сократить объемы очистки сточных вод.

Водная стратегия РФ на период до 2020 года предусматривает, что расширение площадей орошаемых земель в агропромышленном комплексе должно осуществляться в приоритетном порядке за счет восстановления и реконструкции ранее освоенных массивов орошения и систем водоподачи с внедрением современных водосберегающих мелиоративных технологий.

Перспективными районами для развития орошаемого земледелия предусмотрены южные районы европейской части Российской Федерации, расположенные в бассейнах рек Волги, Дона, Кубани и других рек Северного Кавказа, а также территории юга Сибири и Приморского края [1].

Для повышения рациональности водопользования при реализации Водной стратегии следует предусмотреть экономическое стимулирование сокращения удельного водопотребления, непроизводительных потерь воды и внедрение водосберегающих технологий.

С конца 1980-х годов большинство водохозяйственных проблем в АПК решалось только за счет регулирования стока, без проведения необходимых работ по поддержанию и совершенствованию водохозяйственной инфраструктуры.

Ликвидацию дефицита водных ресурсов в районах, где он исторически сложился, необходимо предупредить рядом мероприятий и мер по его уменьшению за счет восстановления гидротехнических сооружений малых водохранилищ и прудов мелиоративного назначения, реконструкции существующих водохозяйственных систем со строительством групповых водопроводов.

Постоянной проблемой остается негативное воздействие вод – паводки, наводнения, подтопление и затопление ценных земель, населенных пунктов и объектов экономики. На паводкоопасных территориях, составляющих в целом по России свыше 400 тыс. кв. километров, ежегодно подвергаются затоплению до 50 тыс. кв. километров. Наиболее паводкоопасными районами являются Приморский край, Сахалинская и Амурская области, Забайкалье, Средний и Южный Урал, Северный Кавказ и Восточная Сибирь [1].

Обострение проблемы наводнений в России непосредственно связано со старением основных производственных фондов водного хозяйства страны. С ухудшением технического состояния напорных гидротехнических сооружений возрастает риск их разрушения во время паводков и наводнений.

Особую опасность представляет техническое состояние русловых плотин. В случае возможных аварий на этих плотинах в зону поражения могут попасть многие населенные пункты и предприятия, сотни гектаров сельскохозяйственных угодий.

Интенсивный размыв и обрушение берегов на всех крупных водохранилищах создают угрозу для населенных пунктов и приводят к затоплению и заболачиванию сельскохозяйственных земель. пойменные земли большинства нерегулированных водотоков представляют собой паводкоопасные территории.

Из-за недостаточного финансирования за последние годы противопаводковые мероприятия в АПК в требуемом объеме не проводились.

В рамках реализации программных мероприятий Водной стратегии необходимо решить следующие ключевые проблемы в сфере использования, восстановления и охраны водных объектов в АПК:

- обеспечение потребностей сельского населения и сельхозпроизводства России в водных ресурсах на основе эффективного использования имеющегося водно-ресурсного потенциала;

- обеспечение безопасности водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений (ГТС);

- предупреждение и ликвидация негативного воздействия вод.

В ведении Минсельхоза России находится 1 млн 918 тыс. ГТС, из которых в федеральной собственности – 7 %; собственности субъектов РФ – 26 %; негосударственная собственность составляет – 54 %; бесхозная – 5 %; неопределенная форма собственности – 8 %.

По техническому состоянию ГТС в РФ распределяют следующим образом: удовлетворительное – 65 %; требующие капремонта – 16 %; требующие реконструкции – 7 %; требующие ликвидации – 2 %; неизвестное состояние – 10 %.

Особо потенциально опасных объектов, создающих напорный фронт, по данным Российского регистра гидротехнических сооружений, на балансе Минсельхоза России насчитывается 250 объектов, из них 44 водохранилища объемом более 10 млн м<sup>3</sup>, 105 – объемом от 1 до 10 млн м<sup>3</sup> и 101 – водоемы и пруды объемом менее 1 млн м<sup>3</sup> [2].

К настоящему времени срок эксплуатации большинства сооружений мелиоративного назначения составляет от 30 до 50 лет, который является предельным для такого класса сооружений, поэтому наряду с инженерными мероприятиями по повышению безопасности ГТС необходимо формирование единой отраслевой базы по потенциально опасным сооружениям.

Одним из эффективных методов государственной поддержки регионов, не связанной с предоставлением единовременной помощи, являются федеральные целевые программы, проекты которых разрабатываются в соответствии с действующим Порядком [3].

Федеральные целевые программы представляют собой увязанные по задачам, ресурсам и срокам осуществления комплексы научно-исследовательских, опытно-конструкторских, производственных, социально-экономических, организационно-хозяйственных и других мероприятий, обеспечивающих эффективное решение системных проблем в области государственного, экологического, экономического, социального и культурного развития Российской Федерации, а также инновационного развития экономики.

Целевые программы сосредоточены на реализации крупномасштабных научно-технических и инновационных проектов, направленных на решение системных проблем, входящих в компетенцию федеральных органов исполнительной власти. Они могут включать в себя несколько подпрограмм, направленных на решение конкретных задач в рамках целевой программы. В данном случае, это необходимость поэтапного оснащения мелиоративных систем современными приборами и оборудованием и снижение высокого уровня потерь воды при транспортировке в каналах и трубопроводах мелиоративного назначения.

Исходя из вышеуказанного, в основные направления проекта концепции ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса РФ в 2012-2020 гг.» необходимо внести следующие предложения:

- поэтапная реконструкция мелиоративных систем в перспективных для развития орошаемого земледелия южных районах европейской части Российской Федерации (бассейны рек Волги, Дона, Кубани), а также территориях юга Сибири и Приморского края, с внедрением современных водосберегающих мелиоративных технологий;

- поэтапное оснащение мелиоративных систем современными приборами и оборудованием для учета уровня потерь воды при транспортировке;

- формирование и ведение единой базы данных по безопасности и надежности гидротехнических сооружений.

Дальнейшее развитие комплексного и рационального использования водных объектов в АПК связано с разработкой долгосрочных целевых программ, направленных на гарантированное обеспечение водными ресурсами и обеспечение эксплуатационной надежности и безопасности гидротехнических сооружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р).

2 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России / под общ. ред. акад. РАСХН, д-ра техн. наук, проф. В. Н. Щедрина; сост.: В. Н. Щедрин и [др.]. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

3 Порядок разработки и реализации федеральных целевых программ и межгосударственных целевых программ, в осуществлении которых участвует Российская Федерация (утв. постановлением Правительства РФ от 26 июня 1995 г. № 594, с изменениями от 1 июля, 13 сентября 1996 г., 1, 8 июля 1997 г., 21 июля 1998 г., 25 января 1999 г., 22 апреля 2002 г., 20 марта 2003 г., 25 декабря 2004 г., 20 февраля 2006 г., 26 мая 2008 г., 14 ноября 2009 г.).

УДК 626.81:338.43

**А. С. Капустян, В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко**  
(ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ СТРАНЫ**

Для обеспечения определенных Концепцией социально-экономического развития темпов развития страны и решения экологических, экономических и социальных проблем в сельском хозяйстве важное значение имеет водохозяйственная деятельность агропромышленного комплекса (АПК).

При решении этих и многих других задач, связанных с рациональным использованием водных ресурсов в агропромышленном комплексе страны, необходимо оценить роль и перспективу их использования.

Сельское хозяйство, как известно, является одним из крупнейших потребителей водных ресурсов в Российской Федерации (таблица 1) [1].

Таблица 1

**Основные показатели водопотребления и водоотведения  
в Российской Федерации в 2007 году, млн м<sup>3</sup>**

Потребитель воды	Забрано воды из водных объектов, всего	Использовано воды, всего	Сброшено в водные объекты, всего	Потери при транспортировке, всего
Всего по России	79985	62506	51422	7897
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	18875	9759	4229	4869

На нужды сельского хозяйства в 2007 году из водных объектов забрано более 18 км<sup>3</sup> водных ресурсов, что составляет 23,6 % от всего забора по стране. При этом использовано только 51,7 % забранной воды, а остальная вода ушла на сброс в поверхностные источники (22,5 %) и потерю при транспортировке (25,8 %).

Основной забор воды в сельском хозяйстве (2007 г.) идет на нужды: хозяйственно-питьевые – 3,99 %, производственные – 6,88 %, орошение – 83,07 %, сельскохозяйственное водоснабжение – 4,89 % и прочие нужды – 6,32 % (таблица 2) [1].

Таблица 2

**Использование воды в сельском хозяйстве  
по видам водопользования, млн м<sup>3</sup>**

Год	Использование воды в сельском хозяйстве				
	хозяйственно-питьевое	производственное	орошение	сельскохозяйственное водоснабжение	прочие нужды
2006	571,36	175,27	7509,97	642,87	660,74
2006	443,27	163,30	7888,39	514,53	685,29
2007	390,0	168,00	8107,00	477,00	617,00

Если посмотреть динамику использования водных ресурсов за три года, то здесь отмечается некоторое уменьшение объема хозяйственно-питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения, соответственно на 31,7 % и 25,8 % и незначительное увеличение объемов орошения на 7,36 %.

В структуре водоотведения отмечается незначительное увеличение доли загрязненных вод и соответственно снижение объемов нормативно очищенных и нормативно чистых (таблица 3) [1].

Таблица 3

**Объемы сброшенной в поверхностные водные объекты воды, млн м<sup>3</sup>**

Год	Сброшено в поверхностные водные объекты		
	загрязненные	нормативно чистые	нормативно очищенные
2005	1035,52	3640,88	14,03
2006	1137,20	3501,52	10,59
2007	1039,00	3180,00	10,00

По качественному составу сбросы загрязняющих веществ от АПК (тыс. тонн) включают: органические вещества (БПК полн.) – в пределах от 16,0 до 19,0; нефтепродукты – от 0,15 до 0,44; взвешенные вещества – от 140,0 до 43,0; сульфаты – от 850,0 до 230,0; хлориды – от 1500,0 до 120,0; фосфаты – от 7,1 до 1,3; общий азот – от 2,1 до 1,2; аммонийный азот – от 7,5 до 4,3; нитраты – от 4,5 до 1,1 [2].

Практически все поверхностные и часть подземных водных объектов, особенно в европейской части страны и в районах размещения крупных промышленных и сельскохозяйственных комплексов, значительно загрязнены сточными водами.

Высокую степень воздействия на водные объекты оказывает рассредоточенный (диффузный) сток с сельскохозяйственных и селитебных территорий, площадей, занятых отвалами и отходами промышленного производства, а также трансграничные загрязнения.

Сложившийся уровень антропогенного загрязнения является одной из основных причин, вызывающих деградацию рек, водохранилищ, озерных систем, накопление в донных отложениях загрязняющих веществ, в том числе токсичных, и ухудшение качества вод поверхностных водных объектов.

Вызывает серьезные опасения ухудшение технического состояния и снижение уровня эксплуатации гидротехнических сооружений, многие из которых находятся в аварийном и предаварийном состоянии [2].

Основными источниками воды для орошения являются реки и месторождения пресных подземных вод, не связанные с формированием речного стока. Из основных рек России резервами водных ресурсов для орошения общим объемом  $39,42 \text{ км}^3$  в год 75%-ной обеспеченности располагают Волга, Обь, Амур, Енисей, Лена, Нева, Нарва и Сулак. В остальных реках южного склона резервы воды уже исчерпаны, а водные ресурсы Дона нуждаются в пополнении объема не менее  $6 \text{ км}^3$  для восстановления видового состава экосистемы в акватории реки и Таганрогского залива Азовского моря. Наибольшая часть резервов воды для орошения (96 %) формируется в бассейнах рек Волги ( $13,19 \text{ км}^3$ ), Оби ( $11,88 \text{ км}^3$ ) и Енисея ( $8,87 \text{ км}^3$ ). Далее следуют бассейны Амура и Лены –  $5,3 \text{ км}^3$ , и лишь  $0,163 \text{ км}^3$  приходится на долю бассейнов Сулака, Невы и Нарвы. В Калининградской области, где в орошении нуждаются всего 40 тыс. га, потребность в водных ресурсах в объеме  $0,066 \text{ км}^3$  обеспечивается местными водными резервами [2].

Возникновение дефицита часто обусловлено некомплексным использованием водных ресурсов. Сложная водохозяйственная ситуация сложилась в низовьях р. Волги и бассейнах Кубани и Терека, где требуется системное переустройство водохозяйственного комплекса [3].

Таким образом, взаимосвязь региональных водных проблем все возрастает и по существу перерастает в единую водную проблему страны.

В перспективе, согласно «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года», предполагается существенное увеличение использования водных ресурсов в АПК России с объемом изъятия водных ресурсов к 2020 г. до  $27 \text{ км}^3/\text{год}$ . По прогнозным расчетам ФГНУ «РосНИИПМ», к 2025 г. объем водных ресурсов только на орошение земель ориентировочно составит: по оптимистическому сценарию –  $40 \text{ км}^3/\text{год}$ , по реалистическому сценарию –  $35 \text{ км}^3/\text{год}$ , по пессимистическому сценарию –  $22 \text{ км}^3/\text{год}$  [2].

В этой связи представляется важным повышение водообеспеченности АПК за счет более полного использования местного стока в маловодных регионах (Северный Кавказ, Центрально-Черноземные области) и развития новых перспективных зон орошения в малоосвоенных районах страны, богатых водными ресурсами (Сибирь, Дальний Восток).

Наряду с использованием водных ресурсов крупных рек воды местного стока также имеют большое значение для орошения и обводнения земель. Суммарный сток талой воды среднего года для всей засушливой зоны РФ составляет 30-40 млрд м<sup>3</sup> [2]. Особенно важно использование местного стока в зонах периодической засушливости, к которым принадлежат степные и лесостепные районы европейской части России, многие районы Западной Сибири. Орошение и обводнение на местном стоке основано на зарегулировании вод поверхностного, главным образом весеннего стока.

По данным Международного комитета по изменению климата, в будущем ожидается изменение распределения осадков по планете: климатические контрасты будут усиливаться: засухи и наводнения станут чаще и интенсивнее. Это еще более затруднит регулярное снабжение пресной водой.

В плане очередности решения вопросов межбассейновой переброски стока на первое место следует поставить вопросы по долевному использованию водных ресурсов пограничных рек между нашей страной и сопредельными государствами.

Обеспечение потребностей населения и отраслей экономики водными ресурсами должно осуществляться на основе комплексного подхода к управлению использованием и охраной водных объектов, базирующегося на выявлении объективных ресурсных и экологических ограничений.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов РФ в 2008 году». – М.: НИА. – Природа, 2009. – 457 с.

2 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: моногр. / под общ. ред. акад. РАСХН, д-ра техн. наук, проф. В. Н. Щедрина; сост.: В. Н. Щедрин и [др.]. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

3 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р).

УДК 532.533

**В. Л. Бондаренко, А. А. Кувалкин (ФГОУ ВПО «НГМА»)**

**ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА  
Р. КУБАНЬ НА УЧАСТКЕ СОВМЕСТНОГО  
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕНЧУКСКОЙ ГЭС И  
БОЛЬШОГО СТАВРОПОЛЬСКОГО КАНАЛА<sup>1</sup>**

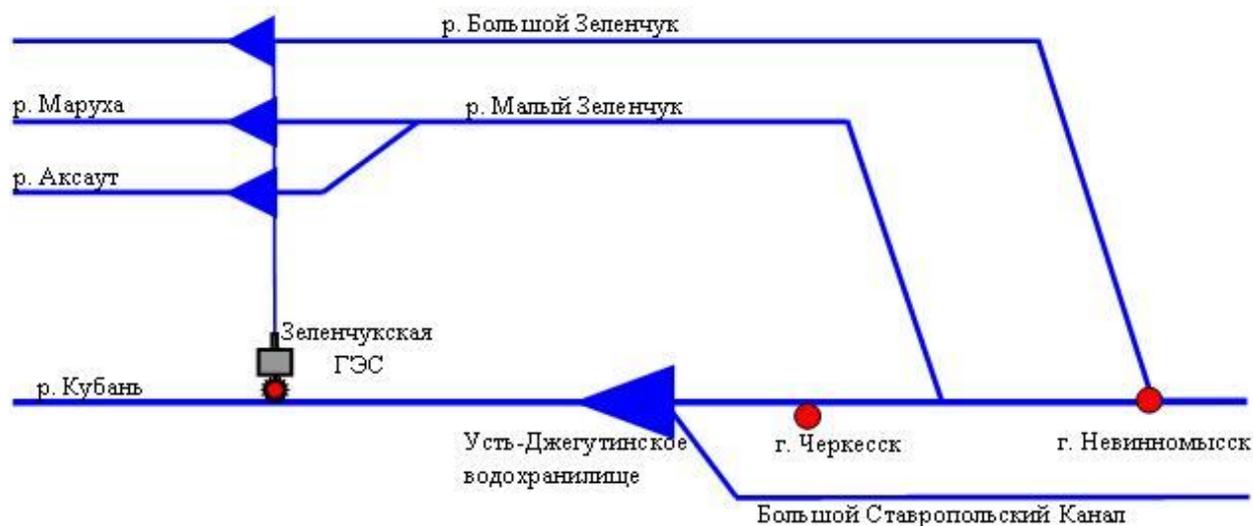
Работа ГЭС оказывает существенное воздействие на режим ниже-расположенных водопользователей, поскольку ГЭС работают, как правило, в пиковом режиме и осуществляет переменные попуски как внутри суток, так по месяцам года в соответствии с водностью рек и планом выработки электрической энергии. Возникает трудно прогнозируемая ситуация в отношении колебания уровней на нижерасположенных участках, что не отвечает условиям безопасной эксплуатации сооружений и осложняет работу водозаборов. Такая ситуация требует согласования работы ГЭС и нижерасположенных водопользователей, разработки организационного и технологического регламента регулирования стока, а также их информационного взаимодействия в целях наиболее эффективного совместного использования водных ресурсов и обеспечения безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений.

Разработанный подход и организационно-технические решения для объединенного водохозяйственного комплекса Зеленчукской ГЭС и Большого Ставропольского канала (рисунок 1) позволили предложить по сути новую, ранее не используемую для подготовки подобных документов методологию, основанную на принципах компьютерного моделирования и использования информационных технологий управления, центральным звеном которой явилась математическая модель гидравлического режима на участке совместного водопользования и технология информационного взаимодействия экс-

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

плуатационных служб Зеленчукской ГЭС и БСК по вопросам регулирования стока.



**Рис. 1. Схема объединенного водохозяйственного комплекса Зеленчукской ГЭС и Большого Ставропольского канала**

Все это и потребовало разработки совместных правил ведения водного режима на участке р. Кубань данных водопользователей, как дополнение к существующей нормативно-технической документации по эксплуатации действующих водохозяйственных объектов.

Разработанные Правила включают: рекомендации в отношении действий водопользователей в определенных ситуациях водности, технологию оперативно-диспетчерского управления транзитным пропуском дополнительных расходов сбросов гидроагрегатов Зеленчукской ГЭС через Усть-Джегутинский гидроузел на основе компьютерного моделирования, порядок организации информационного обмена водопользователей, согласования совместного использования водных ресурсов Верхней Кубани, регламент информационного обмена, организационный механизм. К правилам прилагаются типовые варианты для различных условий работы Зеленчукской ГЭС и БСК, диспетчерские графики регулирования стока, компьютерная программа с набором расчетных вариантов (на CD диске) и инструкции по ее использованию.

Разработанный программный комплекс и математическая модель прошли опытную апробацию на основе сопоставления результатов расчетов с натурными данными и физическим моделированием. Расхождение расчетных показателей с фактическими по времени добегания расходов составляет не более 7 % (что не превышает статистической ошибки измерения водного стока) и это позволяет использовать данную программу как инструмент для оперативных расчетов в целях принятия управленческих решений.

В отличие от традиционного подхода, когда разрабатываются правила использования водных ресурсов и эксплуатации для изолированных водохозяйственных объектов, в данном случае разработаны *совместные* правила взаимодействия крупных водопользователей на участке реки с использованием современных технологий управления.

Предложенный подход состоит в решении проблемы комплексного использования водных ресурсов, повышения эксплуатационной надежности и безопасности гидротехнических сооружений, являясь по существу решением многофакторной задачи. Разработаны необходимое компьютерное обеспечение, создана электронная оболочка и проработан механизм насыщения информационной базы. Существенной особенностью является возможность постоянного расширения, как в части решаемых задач, так и в плане методики их решения.

Разработанные в результате «Правила совместного ведения водного режима Большого Ставропольского канала и Зеленчукской ГЭС» позволяют согласовать интересы компонентов водохозяйственной системы при эксплуатации существующих каскадов гидроузлов и в дальнейшем должны быть расширены с включением в контур управления каскада Кубанских ГЭС. Это даст возможность существенно увеличить эффективность функционирования всего водохозяйственного комплекса Верхней Кубани.

Разработанные правила отвечают требованиям Водного кодекса (Глава 5. Водопользование, Глава 6. Охрана водных объектов), прошли опытно-технологическую проверку, отвечают совместным интересам рассматриваемых водопользователей и направлены на улучшение их эксплуатационной надежности, эффективности функционирования, технической и экологической безопасности. Правила рассмотрены ведущими водохозяйственными организациями региона и рекомендованы для использования в качестве нормативно-технического

документа для совместного управления водными ресурсами Зеленчукской ГЭС и Большого Ставропольского канала.

В целях повышения эффективности использования водных ресурсов бассейна Верхней Кубани, увеличения выработки электрической энергии, повышения обеспеченности водными ресурсами других водопользователей, предполагается в дальнейшем рассмотреть вопрос о разработке на базе предложенной методологии совместных Правил для всего водохозяйственного комплекса Верхней Кубани, включая каскад Кубанских ГЭС в зоне БСК.

УДК 626.22.002.5:681.5

**А. В. Кульгавюк** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОСНАЩЕНИЮ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО МОНИТОРИНГА ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ**

Азовская оросительная система – одна из крупнейших и старейших на юге России. К сожалению, она тоже не избежала трудностей, связанных с перестройкой всей водохозяйственной системы. Поддержание ее в работоспособном состоянии – большая проблема, которая стоит перед мелиораторами Дона. Существующая технология планирования водопользования и управления водораспределением на Азовской оросительной системе далеко не идеальная. Это связано не только с техническим несовершенствованием управления водораспределения. Может случиться, что при наличии техники, сооружений и прочей материальной базы мелиорация окажется без рабочих рук. Поэтому при техническом переустройстве будет шанс, что компьютерное обеспечение управления работой оросительной системы поможет привлечь молодежь на работу.

Проектируемая нами система управления водораспределением на Азовской оросительной системе должна быть интегрированной с возможностью подключения в ее состав специализированных функциональных подсистем, поставляемых в комплекте с технологическим оборудованием или разрабатываемых на последующих этапах строительства ЦПС. Блок управления оборудованием предназначен для контроля и управления элементами автоматизации схемы режима ОС.

Структурная схема блока управления оборудованием представлена на рисунке 1.

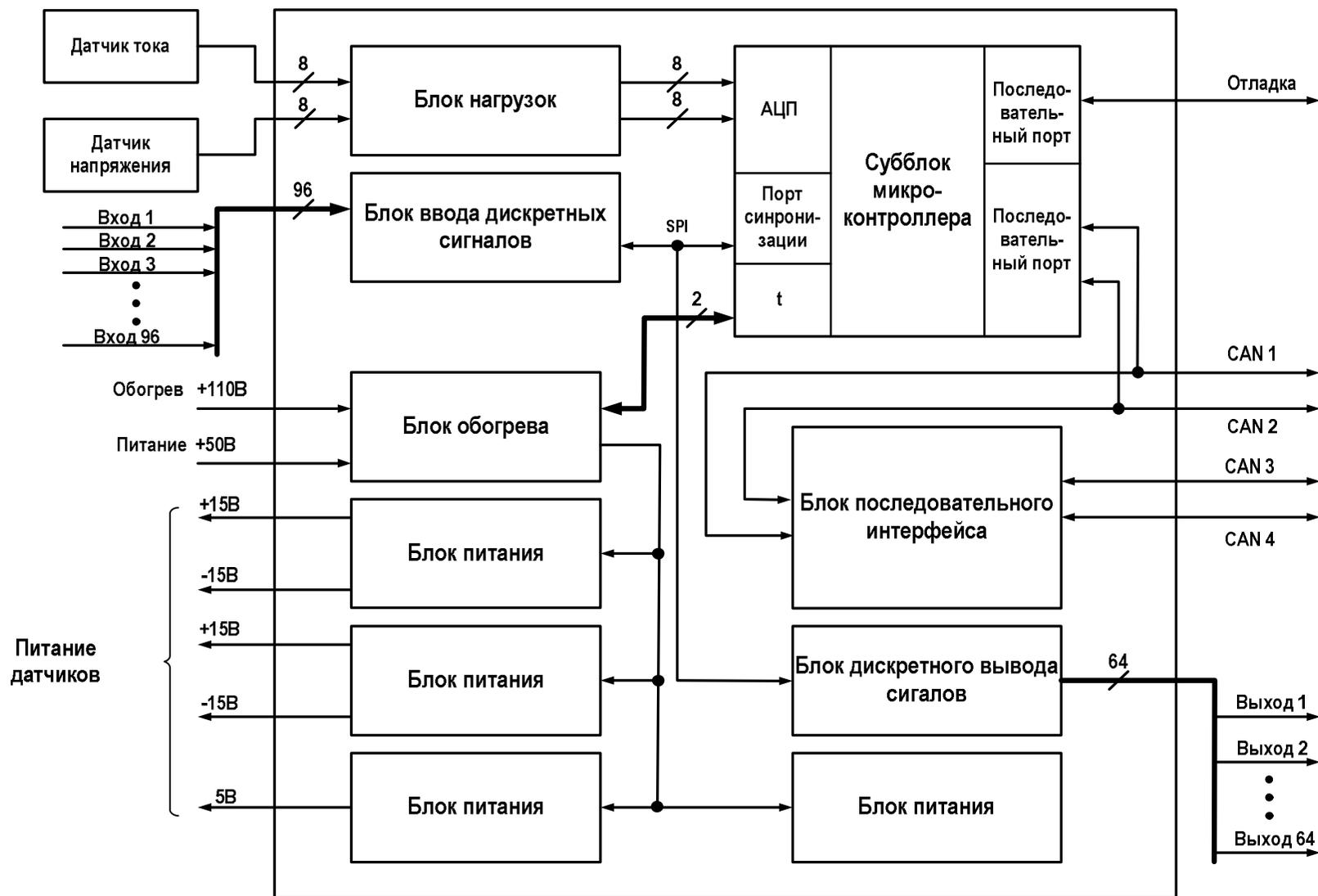


Рис. 1. Структурная схема блока управления оборудованием

В состав блока управления оборудованием входят следующие блоки:

- блок обогрева;
- блоки питания;
- блок нагрузок;
- субблок микроконтроллера;
- блок последовательного интерфейса;
- блок ввода дискретных сигналов;
- блок дискретного вывода сигналов.

Аппаратура блока управления оборудованием выполнена по блочно-модульному принципу, что позволяет оперативно заменять неисправные ячейки и не требовать подрегулировки их при замене.

В основе блока управления оборудованием лежит субблок микроконтроллера, реализующий логические и математические операции согласно программы, хранящейся в памяти микропроцессорного контроллера. Входы АЦП микроконтроллера субблока микроконтроллера через блок нагрузок подключены к выходам датчиков напряжения и тока.

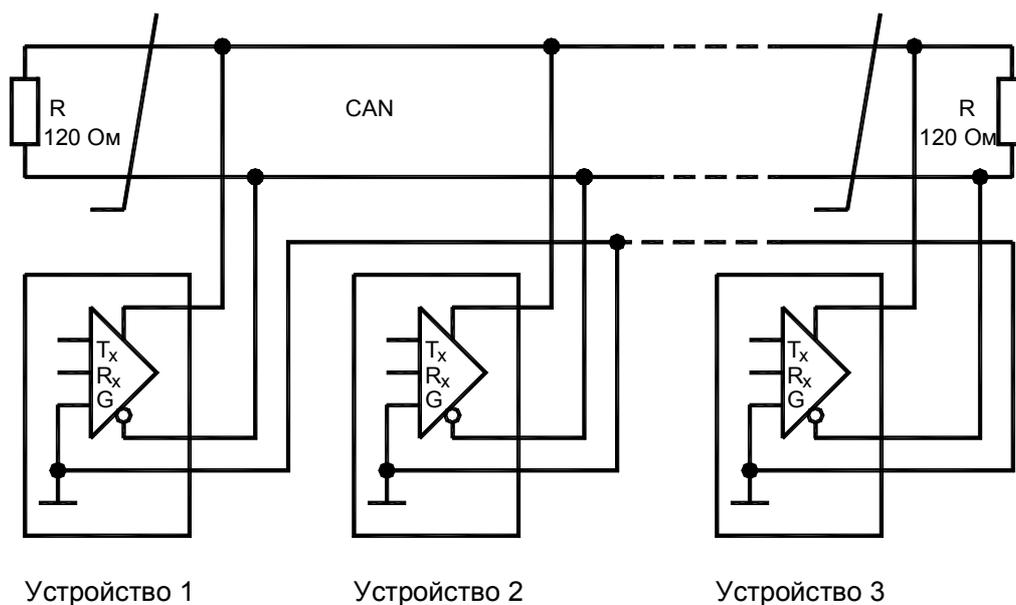
Информация о состоянии релейно-контакторной аппаратуры вводится по последовательному SPI-каналу через блоки ввода дискретных сигналов.

Управление оборудованием осуществляется по последовательному SPI-каналу через блоки дискретного вывода сигналов.

SPI-канал позволяет сократить число межблочных соединений, а одновременно позволяет вводить и выводить из процессора блока микроконтроллера любую информацию, доступную внешним устройствам.

Для отладки и корректировки программного обеспечения, хранящегося в памяти блока микроконтроллера, предусмотрен последовательный канал типа RS-232, выведенный на внешний разъем «ОТЛАДКА», к которому подключается переносная ПЭВМ. Этот разъем установлен в легко доступном месте.

Связь с внешними по отношению к блоку управления оборудованием устройствами осуществляется через последовательные интерфейсы CAN1 или CAN2 (принципиальная схема построения CAN-интерфейса показана на рисунке 2), аппаратная часть которых расположена в съемном блоке микроконтроллера.



**Рис. 2. Построение CAN-сети**

CAN (Controller Area Network) интерфейс (ISO 11898) обеспечивает высокую надежность, компактность и хорошие динамические характеристики, необходимые распределительным системам управления.

Физически шина CAN-интерфейса представляет собой витую пару проводов и общий провод.

Блок содержит необходимые резисторы, на которых выделяются сигналы напряжения пропорциональные выходным токам датчиков. Блок нагрузок связывает входы АЦП блока микроконтроллера с выходами датчиков, и при извлечении его из шкафа блока управления оборудованием осуществляется физический разрыв, исключающий возможность попадания на входы АЦП блока микроконтроллера напряжения, превышающего допустимое значение.

В блоках ввода дискретных сигналов осуществляется измерение напряжения, приложенного к входам, гальваническая развязка входных дискретных сигналов от схемы цепей управления, программная обработка полученных сигналов, преобразование в последовательный код, который, по запросу процессора блока микроконтроллера, пересылается через SPI-канал.

В блоках дискретного вывода сигналов осуществляется прием по последовательному SPI-каналу кода команд на включение аппаратов и устройств, преобразование этого кода в физические сигналы, гальваническая развязка, усиление до необходимого уровня получен-

ных сигналов, и формирование команд управления подключенными к блоку управления.

Для питания датчиков, подключенных к блоку управления оборудования, в его состав введены блоки питания, формирующие из напряжения 50 В постоянного тока, необходимы для питания датчиков, гальванически развязанные напряжения  $\pm 15$  В.

Питание съемных блоков осуществляется от блоков питания, которые формируют из напряжения + 50 В постоянного тока необходимые, гальванически развязанные напряжения + 5 В и  $\pm 15$  В.

Аппаратура блока управления оборудованием построена на программных принципах обработки информации с использованием одноплатных микроконтроллеров M269-3 фирмы ООО «Каскод» и однокристалльных микроконтроллерах ATM89S53 фирмы «Atmel».

Основные технические параметры блока управления оборудованием:

- оптоизолированный мультиплексный последовательный канал обмена информацией – CAN канал;
- последовательный канал (отладочный) – RS-232 канал;
- внутренний быстродействующий синхронный последовательный канал обмена – SPI-тип;
- ввод аналоговых сигналов от датчиков системы;
- ввод дискретных сигналов контроля состояния оборудования;
- вывод аналоговых сигналов;
- наличие резерва по всем перечисленным устройствам;
- возможность переустановки программного обеспечения;
- напряжение питания  $50 \pm 10$  В;
- потребляемая мощность с учетом питания датчиков не более 100 Вт;
- масса не более 140 кг.

В системе управления необходимо предусмотреть защиту от ошибочных действий персонала по управлению оборудованием и несанкционированного изменения программного и алгоритмического обеспечения системы. Должна быть предусмотрена автоматическая регистрация событий, аварийных ситуаций смены состояний и действий персонала.

Система должна создаваться в виде открытой системы, с высокой степенью унификации проектных решений, предусматривающих возможность наращивания функциональных возможностей [1]. Система управления водораспределением должна строиться как трехуровневая, распределенная система в соответствии с технологической структурой объекта:

- нулевой уровень (уровень распределенного ввода-вывода);
- нижний уровень (уровень технологических контроллеров);
- верхний уровень (основной и дублирующий АРМ – оператора, АРМ – начальника, АРМ – диспетчера).

Организация мониторинга оросительных систем становится неотъемлемой частью современной практики их эксплуатации, что вызывает необходимость разработки научно-методических и технологических средств, обеспечивающих организацию и проведение мониторинга, включая информационно-технологическую поддержку процесса его организации и проведения.

Для моделирования процессов управления водораспределением на оросительной системе необходимо учитывать также возможность настройки на конкретную конфигурацию оросительной системы; имитацию нанесения управляющих и возмущающих воздействий; обеспечение адекватности модели процессам, протекающим на системе; обеспечение удобного интерфейса пользователя и представление информации в агрегированном, удобном для анализа и принятия решений виде.

В мелиорацию нужно целенаправленно вкладывать денежные средства, причем, в различных направлениях – иначе мы рискуем потерять гораздо больше, чем деньги – стабильность сельхозпроизводителя, экологическое благополучие района и, в конечном итоге, – продовольственную безопасность. Вода в нашей зоне рискованного земледелия – это жизнь, сколько бы за нее ни проходило платить.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем: справочник. – В 2-х т.т. / под ред. В. А. Шахнова. – М.: Радио и связь, 2005. – Т. 1. – 320 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ОБВОДНИТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Как отмечают В. Н. Щедрин, В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, при всех вариантах организации водопользования возможно как системное, так и объектное управление технологическими процессами на основе долгосрочного и краткосрочного прогноза водопотребления. Структурные связи между участниками процесса водопользования и их требованиями к наличию воды различны. Сельхозтоваропроизводитель, эксплуатирующий орошаемые земли, заинтересован не только в том, чтобы оросительная сеть на его участке работала безотказно, но и в том, чтобы правильно были учтены услуги водохозяйственных организаций, обеспечивающих подачу воды [1].

1. Характер постмелиоративных изменений на длительно осушаемых землях (позитивные, негативные).

2. Усиление или ослабление этих изменений в зависимости от направления сельскохозяйственного использования осушаемых земель.

3. Обратимость негативных изменений.

4. Сроки наступления негативных изменений в зависимости от заболоченности (до осушения) и типа исходных почв.

5. Характер и сроки возникновения негативных изменений на территории осушительно-увлажнительных систем [2].

Известно, что имеющийся в наличии объем водных ресурсов в источнике определяет два различных подхода к планированию водопользования на оросительных системах. В отсутствие дефицита воды планирование осуществляется на полную потребность растений в орошении. Когда дефицит водных ресурсов предопределен изначально, уже на стадии предварительного планирования не предполагается в полном объеме удовлетворение потребности сельскохозяйственных культур в орошении. Основные принципы безопасного использования орошаемых земель следующие:

- пространственно-временная организация орошения агроландшафтов должна соответствовать их природной структуре и динамике;

- территория участка, находящаяся под орошением, не должна выходить за пределы экологически однотипных территорий, объединенных ландшафтно-технологическими контурами с учетом экономических возможностей хозяйств;

- орошение следует производить там, где оно экономически целесообразно и способствует снижению деградации орошаемых почв;

- орошение не должно приводить к ухудшению водного и солевого режима и позволяет максимально реализовать биопродуктивный потенциал конкретного региона.

Основной проблемой, которая препятствует практической связи, представленной идеологической основы, с решением задач безопасного использования орошаемых земель является отсутствие приемлемой нормативно-правовой базы. В этом аспекте следует отметить, что дальнейшее развитие оросительных мелиораций должно базироваться на основе существующих и вновь разрабатываемых законодательных и нормативно-правовых актах, которые обеспечат выполнение Административной реформы РФ в сфере реализации платных государственных услуг предоставляемых водохозяйственными организациями, а также жесткой системой штрафов за экологические нарушения.

В связи с этим основной целью нашей работы является обоснование основных принципов и критериев для создания в дальнейшем технического регламента по безопасному использованию мелиоративных (в данном случае – орошаемых) земель.

Исходя из всего вышесказанного, безопасность орошения может быть реализована только в среде критериальных ограничений, в составе которой почва является основным объектом мелиоративного воздействия как важнейший средообразующий компонент всех наземных экосистем, как основное средство сельскохозяйственного производства.

Рассмотрим варианты планирования водопользования при функционировании предлагаемой системы в условиях дефицита воды: первый – пропорционально сокращаем подачу воды по всем сельскохозяйственным культурам, т.е. планируем проведение поливов сокращенными нормами; второй вариант – создание приоритетной системы. Отличие от первого варианта заключается в том, что отдельным культурам, например, овощам, отдается преимущество при распре-

лении водных ресурсов, для них поливные нормы не сокращаются; третий вариант – чтобы свести к минимуму ущерб от недополива, всякий раз необходимо решать оптимизационную задачу о том, для какой культуры и насколько уменьшить поливную норму, перенести сроки полива. То есть в основе предполагаемого распределения воды лежит принцип, суть которого заключается в том, что любое управление на самом деле есть решение некоторой оптимизационной задачи – выбора оптимального варианта из многих возможных.

На стадии предварительного планирования эту задачу можно решить в упрощенном виде, если воспользоваться экспертными оценками, характеризующими биологическую потребность  $i$ -й культуры в орошении, а также совокупность экономических и др. факторов, которые определяют приоритет культуры при распределении водных ресурсов. Использование метода экспертных оценок в качестве инструмента для оценки альтернативных вариантов широко применяется при решении задач, основанных на приоритетном принципе распределения ресурсов.

Приведем предлагаемое математическое решение задачи. Предполагаем, что наличие дефицита водных ресурсов повлечет потери части прибавки урожайности от орошения. Суммарную величину ущерба от недополива можно представить в виде функции:

$$y = \sum \alpha_i (x_{\text{п}i} - x_i), i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  – экспертная оценка, характеризующая приоритет  $i$ -й сельскохозяйственной культуры при распределении водных ресурсов;

$x_{\text{п}i}$  – объем водоподачи, обеспечивающий полную потребность  $i$ -й сельскохозяйственной культуры в орошении за вегетационный период,  $\text{м}^3$ ;

$x_i$  – искомое значение объема водоподачи для  $i$ -й сельскохозяйственной культуры,  $\text{м}^3$ .

Очевидно, что эта задача сводится к нахождению минимальной величины ущерба, при этом должно выполняться условие:

$$\begin{aligned} 0 \leq x_i \leq x_{\text{п}i}, \\ \sum x_i \leq V_{\text{лим}} \cdot \eta, \quad i = 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $V$  – лимит забора воды из источника орошения,  $\text{м}^3$ ;

$\eta$  – коэффициент полезного действия каналов оросительной сети.

При минимизации (2) из оптимального плана будут исключаться культуры, доля в водопотреблении которых наиболее значительна в суммарном объеме водных ресурсов, имеющихся в оросительной системе. Для исключения подобного эффекта разделим разность  $(x_{\text{П}i} - x_i)$  на  $x_{\text{П}i}$  и возведем полученную дробь в квадрат.

При выполнении условий (2) последнее запишем в виде равенства:

$$\left. \begin{array}{l} \min \sum \alpha_i \left( \frac{x_{\text{П}i} - x_i}{x_{\text{П}i}} \right)^2 \\ \sum x_i = W \\ 0 \leq x_i \leq x_{\text{П}i} \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где  $W = V_{\text{им}} \cdot \eta$  – суммарный объем водных ресурсов, которыми располагает оросительная система,  $\text{м}^3$ .

В отсутствие дефицита оросительной воды расчетный объем водных ресурсов, выделяемый для  $i$ -й сельскохозяйственной культуры равен ее оросительной норме. При последовательном снижении объема водных ресурсов, имеющихся в распоряжении оросительной системы, появляется возможность проследить динамику изменения водопотребления отдельных культур и их групп.

Одной из основных причин снижения безопасности использования орошаемых земель является длительность орошения грузными поливными нормами. Следует отметить, что соблюдение всех рекомендаций по ограничению размеров поливных норм с учетом биоклиматических коэффициентов, агротехнике, необходимости наличия дренажных систем и пр., по всей видимости, лишь несколько отсрочит появление первых признаков деградации почвенного покрова. Так, например, даже наличие дренажной системы на тяжелых суглинистых почвах зачастую не устраняет процессы закисления в закупоренных порах, приводит к развитию анаэробных процессов, которые являются причиной появления ядовитых для растений веществ образующихся соединениями макромолекул воды с некоторыми компонентами вносимых удобрений. Даже в условиях богары поля оставляют под черный пар, образуя тем самым своеобразный аналог цикличе-

ской эксплуатации полей севооборота. Поэтому длительность орошения является фактором, влияющим на смену естественного ландшафта орошаемых земель на антропогенный, который формируется целым иерархическим рядом факторного пространства образуемого природными, технологическими и экономическими совокупностями воздействий (факторы). На слайде указаны основные группы факторов (природные, технологические и экономические). Технологические факторы, отнесенные нами к фактически управляемым, включают такой технологический блок как «длительность орошения», который может оказать одно из основных влияний на безопасную эксплуатацию орошаемых земель в группе технологических факторов. Поэтому оценить состояние элементов мелиоративной системы (и всего мелиорируемого ландшафта в целом) можно по пяти укрупненным критериям (вынос гумуса, эрозия почв, подъем УГВ, засоление и загрязнение), используя модель оценки.

Оценив факторное пространство рядом кодируемых переменных, становится возможным построить модель оценки управления качеством плодородия орошаемых земель. Данная модель использует иерархический принцип применения количественных и качественных факторов второго порядка (рельеф, местности, способ орошения и др.), воздействующих на весовые коэффициенты факторов первого порядка (эрозия, вынос гумуса, УГВ).

Комплексная система оценки безопасного использования орошаемых земель, лежащая в основе этой модели, может быть составлена на базе накопленного опыта и анализа последних работ по истории и последствиям регулярного орошения. Она включает такие укрупненные составляющие, как:

- подъем уровня грунтовых вод на орошаемых землях;
- засоление почв;
- вынос гумуса за пределы корнеобитаемого слоя;
- эрозия почв при поливах.

Предлагаемая классификация факторов представляется более удобной по сравнению с общепринятым делением их на управляемые и неуправляемые, так как позволяет за счет введения потенциально управляемых факторов расширить область поиска оптимального решения безопасного использования земель в цикле орошения. Список управляемых факторов (максимальные и минимальные значения

которых являются критериями) может быть получен на основе иерархической модели, содержащей как управляемые, так и неуправляемые факторы.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Щедрин В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 255 с.

2 Ольгаренко В. И. Современная концепция эксплуатации оросительных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 2. – С. 21-22.

3 Щедрин В. Н. Принципы и критерии безопасного использования орошаемых земель / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Т. П. Андреева // Инф. бюл. «Вопросы мелиорации». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – № 5-6. – С. 10-19.

УДК 556.382:628.1.03:631.672

**В. Н. Лозовой, А. П. Васильченко** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **СОСТОЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РОССИИ**

Качество воды водных объектов оценивается по физико-химическим, биологическим и микробиологическим показателям, анализ которых позволяет установить соответствие или несоответствие рассматриваемого водотока, водоема требованиям, предъявляемым водопотребителями-водопользователями, согласно действующим законодательным актам. Критерием оценки допустимости загрузки водных источников веществами загрязнения являются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в водных объектах, а также их общесанитарная характеристика. Правилами регламентируются органолептические и общесанитарные показатели качества воды, а также вредные и токсические вещества. Требования, предъявляемые водоемам питьевого, культурно-бытового водопользования, изложены более подробно в СанПиН [1, 2].

Практически все поверхностные источники водоснабжения страны в последнее десятилетие подвергаются существенному воздействию вредных антропогенных факторов. Наибольшую опасность

для хозяйственно-питьевого водоснабжения представляют: недостаточно очищенные или совсем не очищенные сточные воды хозяйственно-фекальной и промышленной канализации, содержащие органические загрязнения, СПАВ, ионы тяжелых металлов; нефтепродукты, поступающие с промышленных площадок и территорий городской застройки; ливневые и талые воды, содержащие аналогичные виды загрязнителей; поверхностный сток от площадок животноводческих ферм и комплексов; смыв с сельхозугодий продуктов минеральных удобрений и ядохимикатов, используемых для защиты растений [3].

В различных отраслях промышленности и сельского хозяйства в результате естественного износа инженерных сооружений и оборудования, а также неудовлетворительного соблюдения правил эксплуатации очистных сооружений за последние годы увеличилось число аварий, приведших к тяжелым экологическим последствиям. С ними связано отравление сточными водами рек Волги, Дона, Северной Двины, Томи, Тобола, Ладожского и Байкальского озер, многих рек Сибири и Дальнего Востока, расположенных в районах интенсивной нефте- и газодобычи, лесозаготовок и добычи минерального сырья.

По данным Национального доклада о состоянии природной среды, в нашей стране в водах этих и других рек на отдельных их участках установлены повышенные концентрации фенолов (до 2-7 ПДК), хлорорганических пестицидов (до сотен мг/л), аммонийного и нитритного азота (до 10-16 ПДК), нефтепродуктов (до сотни и тысяч ПДК), ионов цинка, меди, свинца (десятки ПДК). Зарегулирование стока ряда крупных рек повлияло на качественный состав воды, привело к интенсивному развитию водорослей в водохранилищах и искусственных водоемах. Изменился и качественный состав взвешенных веществ: появились преимущественно взвеси антропогенного происхождения с повышенной агрегативной и кинетической устойчивостью.

Ухудшение качества поверхностных вод отрицательно сказывается и на качестве близлежащих от поверхности грунтовых вод, питаемых за счет инфильтрации из поверхностных водотоков. Отмечено немало случаев загрязнения вод подземных водоносных горизонтов нитратами (в основном, из-за фильтрации сточных вод от животноводческих ферм и комплексов), минеральными солями (при орошении сельхозугодий недостаточно очищенными сильноминерализованны-

ми сточными водами), несоблюдения соответствующих требований в зонах санитарной охраны. Следует также отметить наблюдаемое изменение качественного состава вод источников водоснабжения под действием климатических факторов [4].

Замечаемое в последние годы потепление климата, перемещение фронта более высоких температур в более северные регионы страны и изменение в связи с этим температурного режима некоторых водохранилищ и естественных водоемов приводит к интенсификации процесса «цветения» воды, разложению органических веществ и появлению гнилостных запахов, накоплению токсичного ила в них, снижению самоочищающей способности водоисточников в целом.

Считается, что подземные воды значительно лучше защищены от внешнего негативного воздействия и поэтому более предпочтительны в качестве источника питьевого водоснабжения. Ресурсный потенциал подземных вод России составляет 869,1 млн м<sup>3</sup>/сут. Для различных целей в 2007 году использовано 23,76 млн м<sup>3</sup>/сут. подземных вод [5, 6].

Часть подземных вод на территории России загрязнены. Основными загрязняющими веществами являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак), нефтепродукты, сульфаты, хлориды, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть), фенолы.

Наибольшую экологическую опасность представляет загрязнение подземных вод на водозаборах питьевого водоснабжения, которое за период 1985-2006 гг. было отмечено на 1950 водозаборах, преимущественно представляющих собой одиночные эксплуатационные скважины производительностью менее 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут. [5].

Сельскохозяйственное водоснабжение базируется, в основном, на использовании подземных вод – около 80 % от общего объема водопотребления, вод оросительных каналов, водохранилищ, рек, озер – около 20 % [7].

В подземных водах России, используемых в системах сельхозводоснабжения, часто встречаются источники с большим содержанием железа и марганца. Это наносит большой ущерб здоровью населения страны, снижает качество сельхозпродукции, продуктивность животноводства. Улучшение и доведение до нормативных требований по таким элементам природного происхождения как железо и

марганец необходимо проводить в Центральном, Южном, Уральском и Дальневосточном федеральных округах [8].

Наносимый водным объектам огромный ущерб связан с химическим и биологическим загрязнением поверхностных и подземных под влиянием, главным образом, поступающих сточных вод промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных объектов, расположенных на территории Ростовской области и отчасти Украины (с водами Северского Донца).

Гидрохимический режим Нижнего Дона формируется в результате воздействия многих факторов. Основные черты химического состава реки закладываются в Цимлянском водохранилище. Очевидно, что воды верховья Нижнего Дона должны рассматриваться как воды с унаследованным химическим составом. По мере продвижения вниз по течению Дона исходный химический состав воды существенно трансформируется. Трансформация обуславливается прежде всего процессами поступления растворенных веществ антропогенного и природного происхождения с водами притоков Нижнего Дона. В последние годы в связи с сокращением объема работ на многих промышленных предприятиях области поступление загрязняющих веществ со сточными водами значительно уменьшилось.

Цимлянское водохранилище загрязняется преимущественно стоками сельхозугодий и животноводческих ферм. С 1994 года по всей акватории водохранилища происходит уменьшение содержания в воде фенолов и соединений меди до нулевых значений, нефтепродуктов до величин, не превышающих ПДК, и лишь в створе Ростовской АЭС среднегодовая концентрация нефтепродуктов достигает 5 ПДК [9]. В 1993 году в воде водохранилища в районе г. Волгодонск наблюдались хлорорганические пестициды, дефицит растворенного в воде кислорода. О неблагоприятном состоянии воды в южной части Цимлянского водохранилища свидетельствует и наличие в 59 % проб сероводорода, среднегодовая концентрация которого составляла 0,017 мг/л. В воде р. Дон у города Ростова-на-Дону отмечено повышенное среднегодовое содержание легкоокисляемых органических веществ до 1,5 ПДК; нефтепродуктов до 2 ПДК, максимальная концентрация которых в отдельные периоды года достигали 3,5 и 14 ПДК.

Среднегодовые концентрации основных загрязняющих веществ колебались в пределах величин ниже ПДК – 2 ПДК. В воде реки на этом

участке наблюдались хлорорганические и фосфорорганические пестициды: ДДТ – 0,15, метафоса – 0,22 и карбофоса – 0,029 мкг/л.

Большое негативное влияние на реку Дон оказывает ее приток – река Северский Донец. Характерными загрязняющими веществами этой реки на территории России являются нитритный азот, соединения меди, сульфаты. Критическими показателями загрязненности воды нижнего течения реки Северский Донец (на территории Ростовской области) являются в основном нитритный азот и соединения меди, среднегодовые концентрации которых в большинстве створов составляют 2-4 и 5-7 ПДК. Имеет место превышение норм ПДК по величине БПК 5 (1,2-1,9 ПДК), сухого остатка (1,1-1,2 ПДК), содержание железа общего (1,8-2,7 ПДК) [9].

Качество воды реки Миус не отвечает требованиям по величине БПК 1,5-1,7 ПДК; сухого остатка 1,4 ПДК; содержания железа общего 1,3-1,4 ПДК; нефтепродуктов 2-2,3 ПДК.

Оценка качества поверхностных вод произведена на основании норм для водных объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Последние десятилетия отмечается и ухудшение качества подземных вод вследствие попадания в них антропогенных загрязнений. Основные причины этого явления – нарушение режима зон санитарной охраны, деятельность объектов, связанных с нефтью и нефтепродуктами, проникновение загрязняющих веществ через устья скважин или технические нарушения в процессе монтажа обсадных труб, подток некондиционных вод из смежных неэксплуатируемых водоносных горизонтов или поверхностных водотоков и водоемов, закачивание неочищенных сточных вод в подземные горизонты, аварии на накопителях токсичных отходов, захоронение последних в грунт [10].

Содержание отдельных токсичных компонентов в подземных водах в очагах загрязнений достигает 4 и более ПДК [4]. В подземных водах на побережье Дона наблюдается стабильное содержание повышенных доз азота аммонийного (3-4 ПДК), железа (4-5 ПДК) и марганца (до 10 ПДК).

## ЛИТЕРАТУРА

1 СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения: контроль качества». – М., 2002.

2 Методические указания по внедрению и применению СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода». – М., 1998.

3 Воды России (состояние, использование охрана) 1996-2000 гг. – Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002.

4 Белов А. Ю. Защита источников водоснабжения – основа качества питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 2006. – № 1. – С. 19-21.

5 Водная стратегия агропромышленного комплекса России на период до 2020 года. – М., 2009.

6 Язвин Л. С., Зекцер Н. С. Ресурсы пресных подземных вод России (Современное состояние, перспективы, задачи исследований) // Водные ресурсы. – М., 1995. – Т. 23. – № 1. – С. 29.

7 Жуков Н. Н. Водоснабжение населения Российской Федерации: проблемы и пути решения // Мелиорация и водное хозяйство. – М., 1998. – № 3. – С. 20-22.

8 Нормативно-методическое обеспечение системы государственного контроля и надзора в мелиорации. – Новочеркасск, 2003. – 437 с.

9 Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Ростовской области в 1995 году». – Ростов н/Д, 1996. – 163 с.

10 Вознюк В. А. Неотложность мер по улучшению качества питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 1991. – № 7. – С. 6-7.

УДК 628.1.034.2-192

**В. Л. Бондаренко, С. М. Гаврилюк (ФГОУ ВПО «НГМА»)**

### **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА<sup>1</sup>**

Анализ эксплуатации систем водоснабжения промышленных предприятий многих регионов России (Западной Сибири, средней полосы России: Самарской, Саратовской областей) за период более 50 лет свидетельствует, что в пространственных пределах бассейно-

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

вых геосистем произошли значительные естественные и связанные с хозяйственной деятельностью изменения в формировании и перераспределении стока, которые обусловили снижение функциональной надежности работы береговых водозаборных сооружений крупных промышленных предприятий.

Одним из таких регионов является Республика Башкортостан. В пространственных пределах бассейновой геосистемы р. Белой сконцентрирован значительный промышленный потенциал многих отраслей хозяйственной деятельности. Естественная взаимосвязь береговых водозаборных сооружений промышленных предприятий городов Уфа, Стерлитамак, Салават, Ишимбай, Кумертау, Мелеуз, в связи с происходящими изменениями в пределах верхнего и среднего течения р. Белой, определила тенденцию снижения уровней воды в русловой части в створах размещения водозаборных насосных станций.

К основным причинам понижения уровней воды в створах размещения действующих береговых водозаборных сооружений относятся – интенсивное освоение пойменной части русла и водосборной территории, увеличение водопотребления для хозяйственных целей, путевые дноуглубительные работы, строительство прудов и водохранилищ, добыча строительных материалов в русловой части и др.

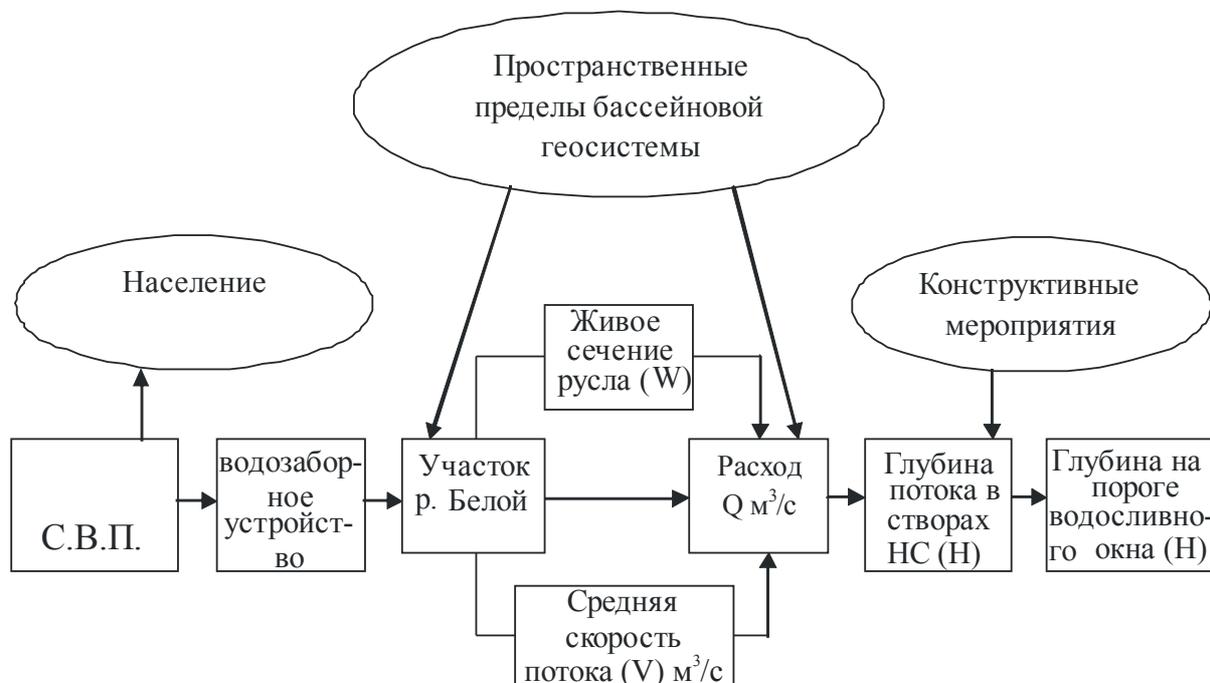
Для обоснования процессов взаимодействия, взаимосвязи и взаимоотношений между природными и техногенными компонентами в составе природно-технической системы (ПТС) «Природная среда – Система водоснабжения П. П. – Население» используем системный подход. Компонент «Природная среда» включает в себя пространственные пределы бассейновой геосистемы верхнего и среднего течения р. Белой ( $W_{\text{б.г.}} = 167600 \text{ км}^3$ ,  $F_{\text{пл.вод.}} = 16760 \text{ км}^2$ ,  $W_{\text{лит.}} = 5028 \text{ тыс. км}^3$ ), в которой формируются поверхностный и подземный стоки до расчетных створов водозаборных сооружений. Компонент «Система водоснабжения промышленного предприятия (П. П.)» включает в себя систему водоснабжения предприятия, в которой основным системным элементом являются береговые водозаборные сооружения НС-1, НС-2, НС-3. Компонент «Население» включает в себя население, проживающее в зоне влияния НС-1, НС-2, НС-3.

Для рассматриваемой ПТС «Природная среда – Система водоснабжения П. П. – Население» суть системного подхода выражается в виде [1]:

$$S = \langle Z, Q, M, R, Str(Org), W, F, I \rangle, \quad (1)$$

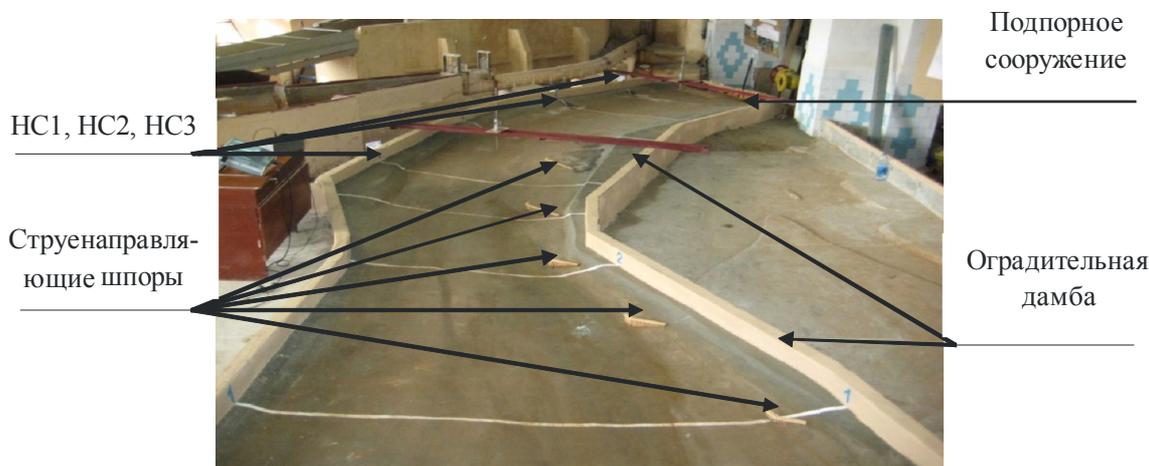
где  $S$  – совокупность методологических требований системного подхода;  $Z$  – формулирование цели или структуры целей системы или ее выявление при решении задачи анализа;  $Q$  – определение суммарных качеств системы как целого и (или) методов их установления, изучение образования механизма обеспечения цели системы как целого и ее системных свойств;  $M$  – членение системы на множество ее составляющих подсистем;  $R$  – выявление отношений данной системы и ее подсистем с другими системами (внешней средой);  $Str(Org)$  – анализ структуры (организации) системы, изучение ее влияния на интегративные качества системы в целом;  $W$  – изучение влияния внешней среды на рассматриваемую систему;  $F$  – анализ процесса функционирования системы, в том числе, ее развития;  $I$  – анализ информационных потоков, циркулирующих в системе и поступающих извне для целей управления рассматриваемой системой.

Функциональная надежность системы водоснабжения рассматриваемого промышленного предприятия зависит от иерархической взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения отбираемого расхода НС с русловым потоком ( $Q$ ,  $H$ ,  $V$  и др.).



**Рис. 1. Структурная схема взаимосвязей, взаимодействий и взаимоотношений компонентов рассматриваемой ПТС «Природная среда – Система водоснабжения П. П. – Предприятие»**

Для изучения гидравлической структуры потока криволинейного участка реки в районе расположения береговых водозаборов были проведены гидравлические исследования



**Рис. 2. Гидравлическая пространственная модель участка р. Белой в районе расположения НС-1, НС-2 и НС-3**

Гидравлические исследования по формированию необходимой гидравлической структуры потока в расчетных створах отбора воды НС-1, НС-2 и НС-3 включали в себя 5 серий опытов (более 300) и проводились в соответствии с решаемой задачей.

Серия I – исследование структуры потока при устройстве водоподпорного сооружения, ограждающей дамбы и струенаправляющих шпор разной длины.

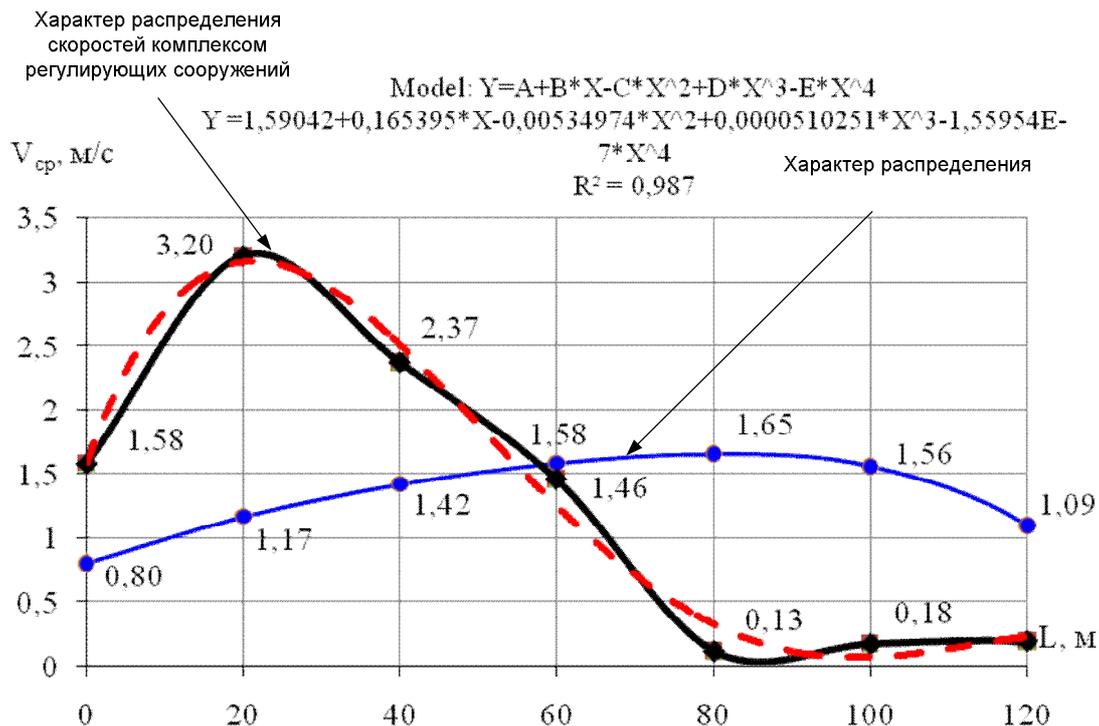
Серия II – исследование структуры потока с тремя первыми сплошными шпорами длиной 40 м в натуре.

Серия III – исследование структуры потока со средней шпорой длиной 60 м первые 2 по 40.

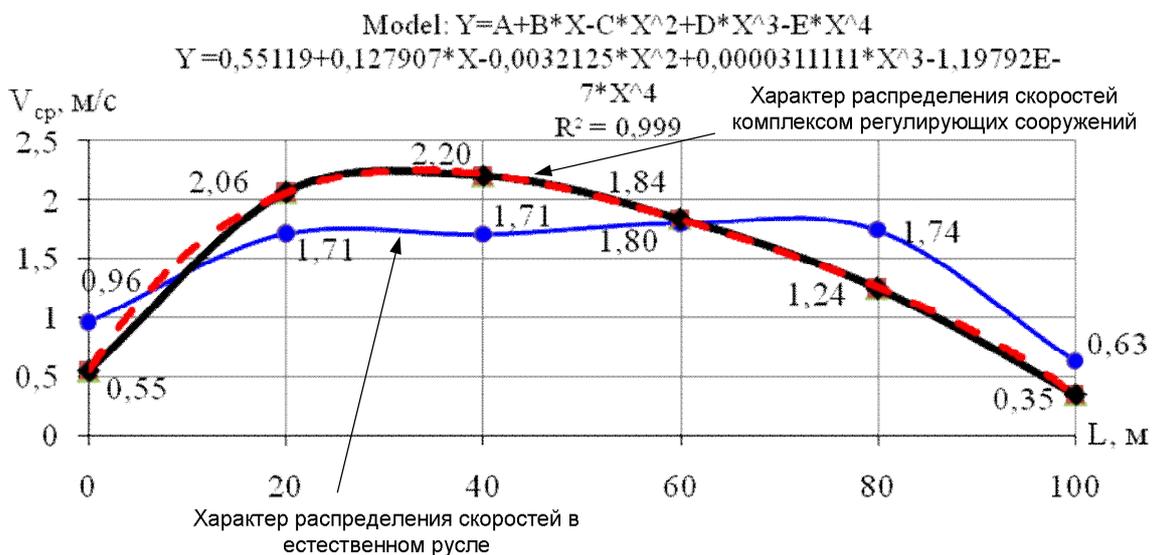
Серия IV – исследование структуры потока при заилении пространства за шпорами серии III наносами и образованием линии берега.

Серия V – исследование структуры потока без шпор с оградительной дамбой и водоподпорным сооружением.

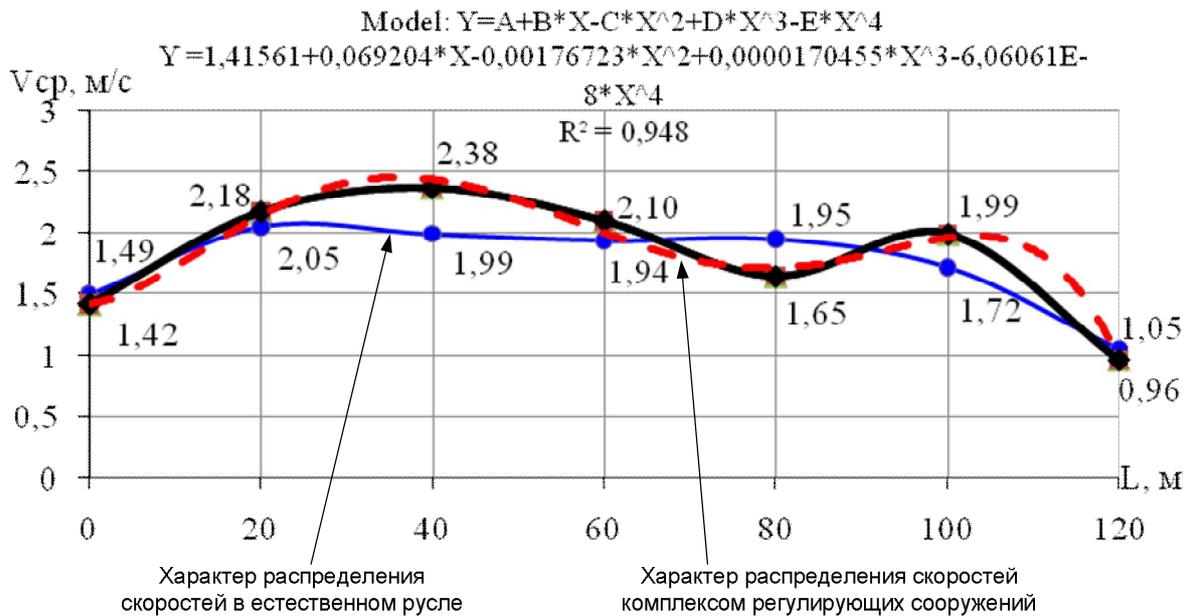
На основе результатов гидравлических исследований сформирована необходимая гидравлическая структура потока по численным значениям которых были получены экспериментальные зависимости  $V_{cp} = f(h, B)$  (рисунки 3, 4, 5) при руслоформирующем расходе  $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{с}$ .



**Рис. 3. График функции, приближенный к исходному массиву данных по методу наименьших квадратов и подчиняющийся выведенной теоретической зависимости. НС-1 створ 4. Руслоформирующий расход 1000 м<sup>3</sup>/с**



**Рис. 4. График функции, приближенный к исходному массиву данных по методу наименьших квадратов и подчиняющийся выведенной теоретической зависимости. НС-2 створ 6. Руслоформирующий расход 1000 м<sup>3</sup>/с**



**Рис. 5. График функции, приближенный к исходному массиву данных по методу наименьших квадратов и подчиняющийся выведенной теоретической зависимости. НС-3 створ 7. Руслоформирующий расход  $1000 \text{ м}^3/\text{с}$**

Гидравлическими исследованиями, проведенными на пространственной модели, участка р. Белой в районе расположения береговых водозаборов системы водоснабжения ОАО «Салаватнефтеоргсинтез», были установлены:

- характер планового расположения и взаимодействия с речным потоком комплекса регулирующих сооружений на участке р. Белой в районе расположения береговых водозаборов (НС-1, НС-2 и НС-3);

- разработанный комплекс регулирующих сооружений, включающий в себя правобережную оградительную дамбу длиной 900 м, струенаправляющие шпоры, различной длины и сквозности, и подпорное сооружение шандорного типа, обеспечивает необходимую гидравлическую структуру потока, при которой обеспечивается, защита водозаборных отверстий НС-1, НС-2 и НС-3 от наносов и необходимый напор воды на порогах водозаборных окон при различных русловых расходах воды на заданном участке русла реки;

- проверка транспортирующей способности потока по известному критерию  $S_{тр} = \Gamma S_{взм} > S_{\phi}$ , где  $\Gamma$  – гидромеханический параметр наносов;  $S_{\phi}$  – фактическая наибольшая мутность при руслоформирующей

щем расходе;  $S_{\text{взм}}$  – мутность взмыва, г/м<sup>3</sup>, определяемая по формуле

$$S = aE \frac{V_{\text{cp}}^2}{H_{\text{cp}}}, \text{ где } V_{\text{cp}} \text{ – средняя скорость на участке, м/с; } H_{\text{cp}} \text{ – средняя}$$

глубина, м;  $E$  – сводный параметр, зависящий от коэффициента Шези  $C$ ;  $a$  – определяется экспериментально, а при отсутствии данных измерений принимается равным 1, подтверждает защитную функцию регулирующих сооружений на данном участке р. Белой и соответственно функциональную надежность работы береговых водозаборов, как элементов ПТС «Природная среда – Система водоснабжения П. П. – Предприятие» [2].

#### **Вывод.**

1. Результаты исследований внедрены в проект по реконструкции береговых водозаборных сооружений НС-1, НС-2, НС-3 системы водоснабжения ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» на р. Белой Республики Башкортостан.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1 Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1977. – 399 с.

2 Гончаров В. Н. Динамика русловых потоков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962. – 374 с.

УДК 631.674.2.0.16

**А. А. Кузьмичев** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ**

Лиманное орошение – использование талых, паводковых и других вод для затопления лиманов, с помощью системы мелиоративных сооружений или без них.

Лиманное орошение использовалось на протяжении тысячелетий и всегда было надежным источником получения травяных кормов с минимальными затратами. Пробраз данного вида орошения широко применялся еще в Древнем Египте, где он назывался бассейновым. А в Закавказье и на Северном Кавказе в низовьях Терека и до наших дней сохранились системы паводкового орошения.

С течением времени системы одноразового затопления были вытеснены регулярным орошением.

В середине XIX века, после ряда губительных засух в Калмыкии, Поволжье и Казахстане лиманное орошение стало развиваться в России, и к 1968 году площадь его составила 239,2 тыс. га [1].

Лиманное орошение нашло широкое применение в засушливых степных и полупустынных районах России. Систематические поливы лугов из постоянных водоисточников превратили лиманы Волгоградской, Саратовской, Астраханской, Ростовской областей и Республики Калмыкия в высокопродуктивные угодья, с которых при одноразовом весеннем поливе затоплением собирали по 4-4,5 т/га сена, что выше урожайности на богаре в 2-4 раза. При этом пырейные, бекманиевые и кострцовые травостои обеспечивали высокое содержание в 1 т сухого сена до 550-600 к.е. [2].

Значение лиманов не ограничивается кормопроизводительной функцией. Эти угодья служат регулятором уровня и качества подпочвенных вод, используемых населением в самых засушливых районах.

Объем местного стока, который потенциально может быть использован для лиманного орошения в России, без учета Дальнего Востока и Восточной Сибири составляет 15 млрд м<sup>3</sup> при 25 % обеспеченности, а при 50 % – 7,4 млрд м<sup>3</sup>. Расчеты показывают, что возможная площадь лиманного орошения при средней норме 3000 м<sup>3</sup>/га может составить 2,5-5 млн га в зависимости от расчетной обеспеченности [1].

Однако с 1990-х годов поливные площади лиманов стали резко сокращаться. Изменение площадей лиманного орошения отображено в таблице 1.

Таблица 1

### Изменение сокращения площадей лиманного орошения

Наименование области	Площадь лиманного орошения на 1968 г., тыс. га	Площадь лиманного орошения на 2009 г., тыс. га
Саратовская область	72,4	31,5
Волгоградская область	36,4	20,9
Ростовская область	9,8	4,0
Республика Калмыкия	62,1	43,1

В настоящее время сложились обстоятельства, которые ставят эти угодья на грань «выживания».

Недостаток средств на наполнение лиманов водой из постоянных водоисточников, на приобретение необходимых удобрений, техники для ухода за лугом стало основной причиной ухудшения эколого-мелиоративного состояния практически всех лиманов. Вынужденное нарушение мелиоративного режима привело к резкому падению продуктивности лугов. На многих из них урожайность снизилась до 1,0-1,3 т/га сена, что составляет четвертую часть их потенциала.

По видовому составу травостоев деградированных лугов, с учетом доминирования оставшихся и внедрившихся малопродуктивных видов, можно прогнозировать, что в ближайшие годы, даже при возобновлении поливов, но без агро-мелиоративных приемов, урожайность осушенных лиманных лугов будет очень низкой.

На текущий период по градациям экологической оценки можно выделить три группы луговых лиманов.

Первая группа. Урожайность трав не более 0,5-0,7 т/га сухой массы и продолжает снижаться. Однако здесь возможна обратимая замена нарушенных фитоценозов и восстановление энергобаланса системы.

Вторая группа. Урожайность трав менее 0,5 т/га сухой массы. Изменение в фитоценоотическом блоке труднообратимы, восстановление затруднено.

Третья группа. Биомасса стремится к нулю, биологическая продуктивность необратимо потеряна.

По экологической ситуации такие местности относятся к зонам напряженной экологической ситуации, где наблюдается переход состояния природы от кризисного к критическому, или к зонам экологического бедствия, где наблюдается переход состояния природы от критического к катастрофическому.

Значение лиманов в социально-экономическом аспекте не ограничивается их ролью как кормовых угодий. И природные, и искусственные лиманы исторически играли определяющую роль в гидрогеологической обстановке, они были значимым источником пополнения и опреснения бассейнов грунтовых вод. В засушливых и пустынных районах колодцы по периферии лиманов долгое время служили единственным источником водоснабжения для людей и животных. Прекращение работы лиманов приводит к сбою устоявшейся благоприят-

ной работы луга, осолонению колодезных вод, обуславливает перемещение животноводческих объектов.

В настоящее время процесс разрушения лиманных экосистем не контролируется, и при сложившихся обстоятельствах многие лиманы находятся под угрозой исчезновения [3]. Их гибель вызывает разнообразные негативные последствия, среди которых можно выделить наиболее существенные:

- лишение многими хозяйствами возможности заготовки кормов;
- снижение уровня грунтовых вод, повышение их минерализации, исчезновение линз пресных грунтовых вод, что лишает водоснабжения значительных территорий и приводит к снижению комфортности жизни местного населения.

Основными факторами снижения урожайности при лиманном орошении являются: недостаточная обоснованность принятых технологических схем и реализованных конструктивных параметров; применение несовершенных конструкций гидротехнических сооружений; неудовлетворительное техническое состояние лиманных систем; отсутствие службы эксплуатации лиманных систем; низкое эколого-мелиоративное состояние почв (засоление, осолонцевание и ощелачивание) лиманных систем.

Сложившаяся ситуация ставит перед почвенно-мелиоративной наукой ряд новых сложных задач, и в первую очередь разработку и усовершенствование существующих конструкций лиманов, оптимизацию параметров технологии затопления и регулирования водно-солевого режима. Поэтому проведение научных исследований в данном направлении является актуальным.

В настоящее время из 4,5 млн га орошаемых площадей в РФ около 3 млн га не поливается [4]. Для поддержания командных горизонтов в магистральных и межхозяйственных каналах подаются расходы, намного превышающие необходимую величину водоподдачи на орошаемый массив. Таким образом, образуются непроизводительные потери, величина которых составляет до 50-60 % от головного водозабора. Следовательно, независимо от уровня технической оснащенности и модернизации существующих оросительных систем, по ним перегоняются на сброс сотни миллионов кубометров ороси-

тельной воды, что в 1,5-2 раза увеличивает удельные энергозатраты, не оправданные дополнительной продукцией растениеводства.

Для эффективного использования этих вод рационально устройство на склонах, расположенных ниже сбросных участков, систем лиманного орошения.

Для выбора и разработки мероприятий по реконструкции систем лиманного орошения необходима объективная и достоверная оценка состояния лиманных земель, формирование базы данных в качестве основы для разработки стратегии восстановления их хозяйственной ценности и принципов систематизации контроля их использования.

Эффективным способом определения качества почв и состояния растительности наряду с рекогносцировочными наблюдениями является дистанционное зондирование с использованием космических, пилотируемых и беспилотных малых и сверхмалых летательных аппаратов. Проведение мониторинга земель лиманов этим методом обеспечит оперативное решение многих задач землеустройства систем, а именно: ландшафтно-экологического подхода при переустройстве ярусов, а также при восстановлении потенциального плодородия почв и устойчивых к деградации биогеоценозов.

При создании новых систем лиманного орошения и реконструкции уже существующих, необходимо предъявлять высокие требования такие, как и к системам регулярного орошения: они должны быть технически совершенными, обеспечивать экономное и наиболее эффективное использование воды, исключать возможность подъема уровня грунтовых вод и возможность вторичного засоления почв, гарантировать получение высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур, возделываемых на их площадях.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

В 50-70-е годы XX века в СССР был проведен большой объем работ, направленных на регулирование и эффективное использование местного стока для целей орошения и сельхозводоснабжения, что позволило значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства овощей, кормовых и технических культур, а также эффективность животноводства.

Местный сток, регулируемый с помощью систем лиманного орошения, в настоящий момент не используется или используется не-

эффективно. Значительная часть систем лиманного орошения находится в удовлетворительном техническом состоянии и при выполнении надлежащих требований и соблюдении необходимых условий может использоваться для целей орошения и сельхозводоснабжения.

Стратегия комплексного использования вод местного стока в целом должна быть направлена на формирование локальных водохозяйственных модулей в пределах конкретного водосборного участка с учетом всех ландшафтных взаимосвязей и особенностей, в том числе оптимизации условий взаимодействия поверхностных вод с подземными, соблюдения экологической безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Постановление Бюро Отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства от 23 марта 2006 г. «Эколого-экономическое обоснование использования лиманного орошения».

2 Проблемы мелиорации и орошаемого земледелия юга России // Сборник материалов совместного выездного заседания коллегии Минсельхоза России и Президиума Россельхозакадемии (г. Ростов-на-Дону, 14-15 июня 2001 г.). – М., 2001.

3 Орошение земель в обеспечении продовольственной безопасности России: материалы Международной научно-практической конференции / ГНУ ВНИИОЗ. – Волгоград, 2008. – 205 с.

4 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: моногр. / под общ. ред. акад. РАСХН, д-ра техн. наук, проф. В. Н. Щедрина; сост.: В. Н. Щедрин и [др.]. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

УДК 631.11.001.18:631.67«5»

**А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИ ОРОШАЕМЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ**

В настоящее время в ФГНУ «РосНИИПМ» ведется поиск, разработка и адаптация перспективных направлений, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства

на орошаемых землях. Суть этого направления заключается в поливе дополнительных участков богарного земледелия в случае наличия неиспользованных лимитов оросительной воды, которые образуются в зависимости от влагообеспеченности года.

В связи с этим были проведены исследования, и по полученным данным произведен расчет на примере кукурузы на зерно. По данным расчета, был проведен предварительный математический анализ данных полученной прибавки энергии дополнительного урожая от обеспеченности дефицита водного баланса для систем периодического орошения. Для предварительной оценки основных факторов применили метод эмпирического подхода, который заключается в приближенном определении зависимости по экспериментальным данным. В первом приближении была установлена зависимость энергии дополнительного урожая по периодическому орошению для кукурузы на зерно, которую мы обозначим  $F(x) = -0,0054 \cdot x^2 + 0,3738 \cdot x + 28,238$ , зависимость дополнительных затрат орошения выражена функцией:  $G(x) = -0,0011 \cdot x^2 - 0,0112 \cdot x + 22,878$ . При этом независимой переменной указанных и ниже приведенных функций, является обеспеченность дефицита водного баланса. Для наилучшего приближения использованы методы наименьших квадратов [1] и совмещение полиномиальной, квадратичной и обратной зависимостей в линейной регрессии общего вида:

$$y(x) = k_1 F_1(x) + k_2 F_2(x) + \dots + k_n F_n(x),$$

$$F_1(x) = x^2, F_2(x) = e^x, F_3(x) = \frac{1}{x}, \quad (1)$$

где  $k_1, k_2, k_n$  – неизвестные коэффициенты данной зависимости, подлежащие определению методом наименьших квадратов.

Все зависимости найдены с помощью приложения «Excel» и улучшены с помощью встроенных функций математической программы «MathCad».

В нашем случае, функция прибавки энергии равна:  $P(x) = F(x) - G(x)$ . На первом этапе, по аналогии с экономическими задачами провели анализ функции прибыли. Для этого нашли эластичность этой функции, локальный экстремум, построили график.

Как известно, эластичность функции  $E_y$  – это коэффициент пропорциональности между относительными изменениями величин зависимой и независимой переменных, т.е. между  $P(x)$  и  $x$ , который определяется по формуле:

$$E_y = \frac{x}{P(x)} \cdot P'(x). \quad (2)$$

Другими словами, если, например,  $x$  увеличится на 1 процент, то  $y$  увеличится на величину  $E_y$ .

Понятие эластичности было введено Аланом Маршаллом [1] в связи с анализом функций спроса. По существу, это понятие является чисто математическим и может применяться при анализе любых дифференцируемых функций.

Таким образом, имеем:

$$P(x) = F(x) - G(x) = -0,0043x^2 + 0,385x + 5,36,$$

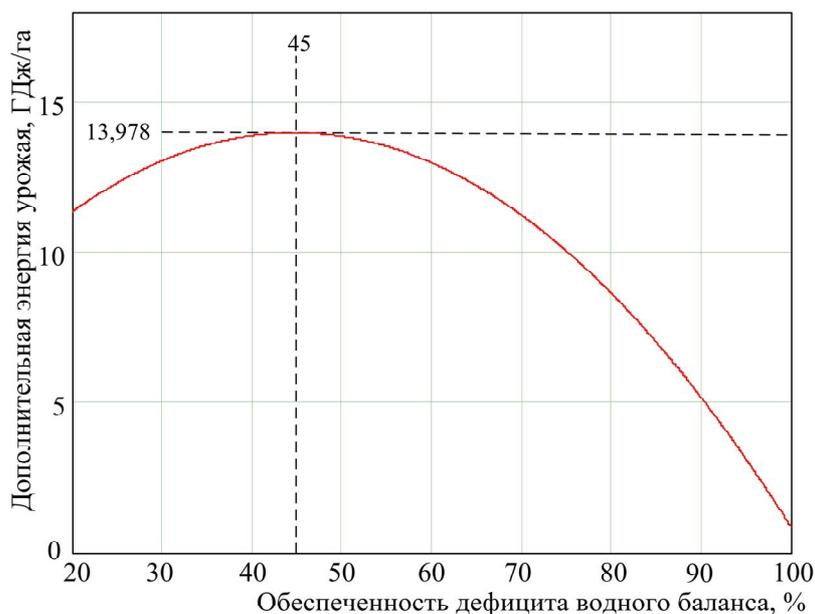
$$P'(x) = -0,0086x + 0,385,$$

тогда 
$$E_y = \frac{-0,0086x^2 + 0,385x}{-0,0043x^2 + 0,385x + 5,36} = \frac{86x^2 - 3850x}{43x^2 - 3850x - 53600}. \quad (3)$$

Например, при обеспеченности  $x = 75\%$ , эластичность равна:  $E_y = -1,941$ , отрицательность обусловлена монотонным убыванием функции  $P(x)$ .

Точка экстремума определяется с помощью правила определения экстремума функции одной переменной. Максимум функции равен при  $x = 45\%$ ,  $P(x) = 13,918$  ГДж/га. График имеет вид (рисунок 1).

Из графика, представленного на рисунке 1, следует, что прибавка с одного гектара площади периодического орошения возрастает до года 45% обеспеченности дефицита водного баланса и составляет 13,978 ГДж/га, а после начинает снижаться. Поэтому можно заключить, что применение периодического орошения в годы менее 45% обеспеченности дефицита водного баланса будет нецелесообразно. Такая же тенденция прослеживается и у всего растения, где максимум наблюдается при 41%, а после начинает резко снижаться. Поэтому можно заключить, что применение периодического орошения в годы менее 45% обеспеченности дефицита водного баланса будет нецелесообразно.

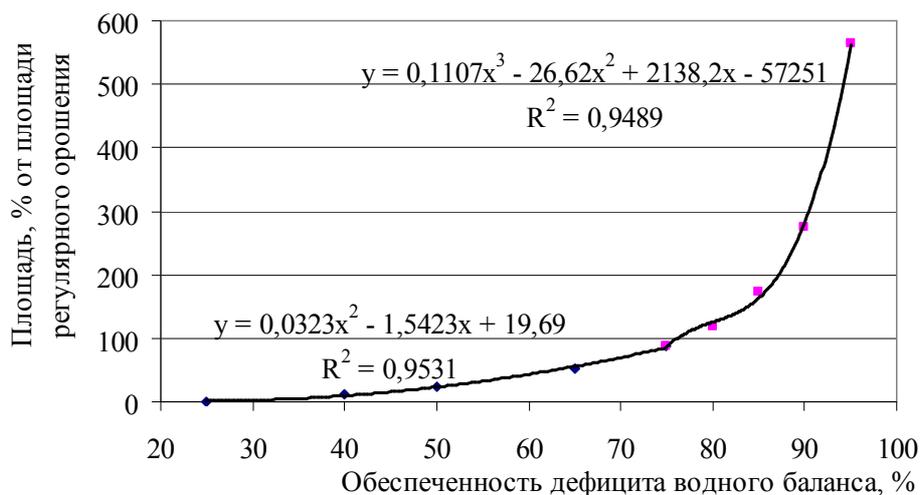


**Рис. 1. Зависимость дополнительной энергии урожая от лет различной обеспеченности дефицита водного баланса**

Проанализируем функцию, описывающую зависимость дополнительной площади (рисунок 2) от использования системы периодического орошения, которая имеет вид:

$$C(x) = 0,1107 \cdot x^3 - 26,5877 \cdot x^2 + 2136,6577 \cdot x - 57231,31, \quad (4)$$

$$E_{C(x)} = \frac{0,3321 \cdot x^3 - 53,1754 \cdot x^2 + 2136,6577 \cdot x}{0,1107 \cdot x^3 - 26,5877 \cdot x^2 + 2136,6577 \cdot x - 57231,31}. \quad (5)$$



**Рис. 2. График зависимости площади периодического орошения от обеспеченности дефицита водного баланса для кукурузы на зерно**

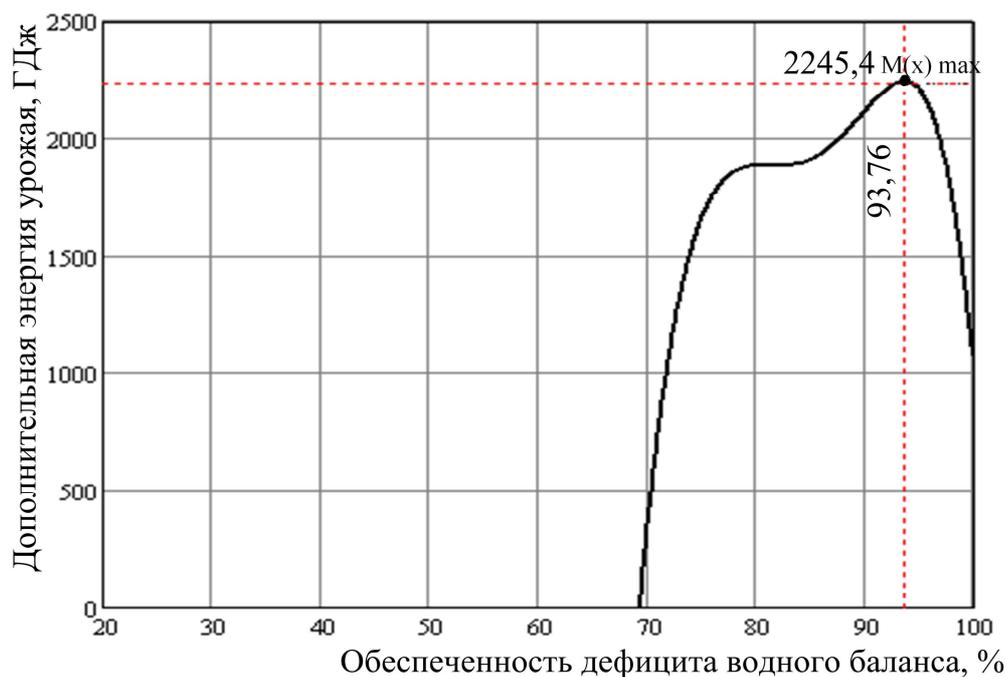
При  $x = 75\%$  эластичность  $E_{C(x)} = 7,586$ .

Далее прибавки энергии дополнительного урожая от использования системы периодического орошения путем наилучшего приближения получена в виде зависимости:

$$\begin{aligned} M(x) &= (-0,0043x^2 + 0,385x + 5,36) \cdot ((0,0323 \cdot x^2 - 1,5423 \cdot x + \\ &+ 19,69) + (0,1107 \cdot x^3 - 26,62 \cdot x^2 + 2138,2 \cdot x - 57251)), \\ M(x) &= -0,476 \cdot 10^{-3} \cdot x^5 + 0,156 \cdot x^4 - 18,830 \cdot x^3 + \\ &+ 926,197 \cdot x^2 - 10581,569 \cdot x - 306,759 \cdot 10^3. \end{aligned} \quad (6)$$

Функцию исследовали графически и методами дифференциального исчисления, и получен максимум этой функции при  $x = 93,76\%$ ,  $M(x) = 2245,4$  ГДж.

Ниже приведен график с указанием точки максимума (рисунок 3).



**Рис. 3. Графическое определение максимума функции  $M(x)$**

Далее решалась задача, состоящая в нахождении оптимального соотношения энергии дополнительного урожая, дополнительных затрат на орошение и прибавки энергии от использования дополнительных площадей при использовании системы периодического орошения.

Для этого мы использовали метод предельного анализа, состоящий в использовании концепции предельного дохода и предельных затрат. Предельный доход  $M'(x)$  определяется как доход от использования дополнительных площадей, предельные затраты  $G'(x)$  определяются как дополнительные затраты на орошение. Графически они представлены в виде касательных к графикам функций, описывающих затраты и прибавку энергии дополнительного урожая.

На основе предельного анализа была предпринята попытка определения:

- величина оптимальной обеспеченности дефицита водного баланса;

- величина максимальной дополнительной энергии урожая при использовании системы периодического орошения.

1. Прибыль будет максимальной при условии равенства предельного дохода и предельных затрат, т.е.  $M'(x) = G'(x)$ . Находим первые производные от двух функций и приравниваем их к нулю:

$$\frac{d}{d(x)}M(x) = 0,00238005 \cdot x^4 + 0,6278644 \cdot x^3 - 56,49162183 \cdot x^2 + 1852,3955510 \cdot x - 10581,569078, \quad (7)$$

$$\frac{d}{d(x)}G(x) = -0,0022 \cdot x - 0,0112. \quad (8)$$

После нахождения производных и решив графически совместно два уравнения, имеем:

$$x = 7,15; x = 80,71; x = 82,18; x = 93,76.$$

2. Подставив найденные значения в функцию  $T(x) = M(x) - G(x)$ , имеем:

$$T(7,15) = -3,416 \cdot 10^5; T(80,71) = 1873; T(82,18) = 1872; T(93,76) = 2245,4.$$

Исходя из результатов, полученных путем предельного анализа, и представленного выше графика, делаем вывод о том, что оптимальное значение обеспеченности дефицита водного баланса равно 93 %. Диапазон целесообразности использования системы периодического орошения колеблется в интервале от 93 % до 45 % обеспеченности дефицита водного баланса.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Бакоев С. Ю. Математика. Решение типовых задач высшей математики с помощью СКМ «Mathcad» / С. Ю. Бакоев. – В 2 ч. – Ч. 1. – пос. Персиановский, 2007. – 136 с.

УДК 633.1:412

**В. П. Калиниченко, Н. Г. Солнцева, А. Н. Сковпень,  
В. Е. Зинченко, В. В. Черненко, А. А. Болдырев, А. Э. Рыхлик**  
(ФГОУ ВПО «ДонГАУ», ГНУ «Донской НИИСХ», Институт плодородия почв юга России)

### **ИРРИГАЦИОННЫЙ ВЛАГОПЕРЕНОС КАК ФАКТОР СИСТЕМНОГО КРИЗИСА СОВРЕМЕННОЙ ИРРИГАЦИИ<sup>1</sup>**

Ирригация приводит к неблагоприятным изменениям в почвах и ландшафтах. Это вызывает необходимость поиска путей использования земель в условиях ирригационного переувлажнения и засоления почв.

Имеются устойчивые предпосылки сосредоточенного «предпочтительного» проникновения оросительной воды в грунтовые воды по трещинам в почве в результате свойственной всем почвам латеральной микронеоднородности водопроницаемости [1].

Гравитационные эффекты латерального перераспределения воды на нано-, микро- и мезоуровне следуют из термодинамики движения воды в почве [4].

Для движения воды необходим градиент термодинамического потенциала. Из термодинамической трактовки следует упрощенная, не лишенная дефекта физического смысла, но достаточно работоспособная, трактовка влагопереноса под действием различия влажности соприкасающихся слоев почвы [6].

При гравитационном проникновении влаги верхний слой почвы увлажняется до определенного предела. Если количество воды небольшое, а интенсивность подачи воды невелика (например, низкая интенсивность искусственного дождя), то возможно перераспределение воды внутри почвы при отрицательных значениях термодинами-

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

ческого потенциала воды в почве без локального вертикального переувлажнения почвы, и даже без достижения почвой состояния НВ, тем более, ПВ.

Однако рассмотренный идеальный режим увлажнения никогда не имеет места. В практике ирригации всегда интенсивность подачи воды выше текущей скорости инфильтрации. При малейшей рекомбинации структурных отдельностей почвы под воздействием проходящей воды в процессе полива текущая скорость инфильтрации воды в почву лавинообразно падает, скорость неустановившегося процесса проникновения воды в почву уменьшается по типу положительной обратной связи. Образуется фронт промачивания. Поскольку почва оказывает сопротивление гравитационному продвижению влаги, то текущий термодинамический потенциал влаги в верхних слоях, в лучшем случае, отрицательный и близок к нулю (на поверхности почвы, являющейся ее самой рыхлой и водопроницаемой частью, нет зеркала воды, слой воды возникает внутри почвы на глубине 2-5 см). При выходе воды на поверхность почвы (образование на поверхности почвы блюдца воды при поливе) потенциал воды в почве уже выше нуля. Только после полного кратковременного насыщения почвы водой возможен ее отток в глубь почвы за пределы увлажненного слоя почвы. Т.е. чтобы привести почву в состояние высокой стабильной капиллярной влагоемкости, или, иными словами, создать в ней потенциал влаги – 0,2-0,4 атм (ППВ, НВ), обычно почву увлажняют до потенциала 0,0...+0,05 атм, после чего происходит вертикально-латеральное перераспределение воды в профиле почвы согласно градиенту термодинамического потенциала воды в почве.

Получила распространение некая иллюзия оптимизации режима увлажнения почвы путем сокращения поливных норм.

В действительности при таком подходе проявление поршневого гравитационного режима увлажнения почвы только немного ослабляется, но суть его отрицательного воздействия на почву и находящиеся в ней вещества остается неизменной.

То же в отношении предложений увлажнять почву после полива не до НВ, а до состояния влажности 90-95 % НВ.

Во-первых, собственно понятие НВ – количество воды, которое почва может удержать через 2 суток после увлажнения, является до-

вольно условным, причем статическим параметром. При разработке современной методики определения НВ имела в виду почва как генетический объект и, одновременно, объект увлажнения [5]. В качестве слоя промачивания принимаются горизонты почвы А и В. Если слой промачивания менять без учета генезиса почвы, то в таких обстоятельствах НВ одной и той же почвы может объективно различаться в зависимости от дозы воды, выбранной исследователем для эксперимента, т.е. слоя промачивания.

Во-вторых – основное, каким бы ни было разнообразие результатов серии статических экспериментов, решающим условием их протекания является термодинамика влагопереноса в почве, согласно которой отрицательные особенности гравитационного ирригационного режима промачивания почвы проявляют себя в любом частном случае варьирования количества просочившейся в почву воды.

Следовательно, произвольное манипулирование значением НВ при назначении расчетной влажности почвы после полива в действительности означает уменьшение расчетного слоя промачивания почвы. К такому выводу принуждает суть явления установления НВ в почве. Добиться, чтобы инфильтрация в почве подчинялась тому, как мы произвольно изменяем ингредиент расчета поливной нормы, НВ, невозможно.

Из термодинамики открытой системы следует, что ее возмущение, выведение из равновесия тем, при прочих равных условиях, более продолжительно, чем интенсивнее возмущение. Следовательно, чем меньшее количество воды подано в почву в предположении меньшей влажности расчетного слоя почвы после полива, тем быстрее система восстанавливается и стабилизируется в новом состоянии, тем ниже влажность почвы по истечении стандартного методического периода времени после полива. Однако последнее обстоятельство является подчиненным по отношению к сути НВ.

Поэтому вести речь о произвольном изменении ингредиента расчета поливной нормы некорректно. В крайнем случае, можно вести речь о необходимости экспериментального определения НВ в зависимости от поливной нормы или экспериментальной дозы увлажнения в диапазоне пределов эксперимента от определения истинной НВ, согласно каноническому правилу избыточного увлажнения поч-

вы с последующим стеканием воды в течение 2 суток. Подход можно развить и вплоть до минимальных доз, норм увлажнения почвы. Но тогда необходимо учитывать предельный случай, что при дозе (норме) воды равной нулю, подобным образом установленная «НВ» будет равна текущей влажности почвы, мало соответствуя тому понятию НВ, которое в свое время было выработано классиками почвенной гидрологии и принято широкой научной общественностью, да и представлениям о дополнительном увлажнении почвы как таковым.

Решающим объективным результатом сокращения поливных норм при стандартной гравитационной пространственно-однородной ирригации, будь то даже ложное соображение относительно почвенно-гидрологической константы НВ, является уменьшение слоя промачивания почвы. При этом усиливается латеральная неоднородность увлажнения почв в пространстве орошаемого массива в силу неравномерности подачи воды, ее перераспределения по плужной подошве, литологических и топо-флювиальных эффектов.

При этом остается проблема испарения с поверхности почвы.

Чем меньше слой промачивания почвы после полива, тем больше вклад полива в беспрепятственное физическое испарение воды, как из верхних слоев почвы, так и с ее поверхности. Уменьшается вероятность ирригационного питания грунтовых вод, но увеличивается потеря воды на физическое испарение.

Термодинамика ирригационного влагопереноса является фактором системного кризиса современной гравитационной ирригации, не позволяя реализовать принципиальное положение акад. В. А. Ковды о снижении оводненности почв и ландшафтов при ирригации [3].

Избыточное увлажнение почв при гравитационной фронтальной ирригации является объективным следствием агрофизических свойств почв, известных интегральных закономерностей водоудерживания в одномерной системе твердая фаза – жидкая фаза – газообразная фаза.

Есть необходимость осмысления способов сохранения почв и воды при разработке современной концепции водной стратегии РФ.

Обойти интегральные закономерности водоудерживания в системе твердая фаза – жидкая фаза – газообразная фаза, обуславливающие режима влажности почв, одним из показателей которого являет-

ся НВ, позволяет использование дискретной модели искусственного увлажнения трехмерного почвенного континуума [2].

Увлажнение почвы путем создания внутри нее изолированных первичных цилиндров искусственного увлажнения путем подачи дозированного рассредоточенного по вертикали цилиндра количества воды, позволит исключить фазу интегральной гравитационной миграции оросительной воды в почве. Применение капиллярно-дискретной модели ирригационного влагопереноса позволит преодолеть системный кризис современной ирригации.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Исследование предпочтительных потоков влаги в лугово-черноземной почве Саратовского Заволжья / Н. В. Затинаяцкий и [др.] // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 585-599.

2 Калиниченко В. П. Способ внутрпочвенного импульсного дискретного полива растений. Патент на изобретение RU №2386243. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 апреля 2010 г. МПК А01G 25/06 (2006.01) А01С 23/02 (2006.01). Заявка в ФИПС №2009102490/003172 от 26.01.2009. 9 с.

3 Ковда В. А. Факторы, снижающие плодородие черноземов, и меры их устранения // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 3. – С. 3-6.

4 Минкин М. Б. Регулирование гидрологического режима комплексных солонцовых почв / М. Б. Минкин, В. П. Калиниченко, П. А. Садименко. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1986. – 231 с.

5 Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – Т. 1. – 663 с.; Т. 2. – 287 с.

6 Шеин Е. В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

УДК 631.347.3

**А. Е. Шепелев** (ФГНУ «РосНИИПМ»)

## **СТРУЕОБРАЗУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН**

Рабочими органами дождевальных машин и установок, непосредственно образующими дождь, являются дальне- и среднеструй-

ные дождевальные аппараты и короткоструйные насадки. Струйный аппарат должен обеспечить при данных затратах мощности коэффициент эффективного полива не ниже 0,7, средний диаметр капель не должен превышать 1,5 мм.

Дальне- и среднеструйные дождевальные аппараты имеют один или два ствола с соплами (насадками) для выброса струи, которая, разбиваясь на капли в полете, орошает площадь круга или сектора.

Струя, распадающаяся на капли непосредственно у сопла, испытывает значительно большее сопротивление воздуха, что уменьшает дальность ее полета. Цельная, компактная струя по выходе из сопла увеличивает дальность полета. На характер струи в значительной степени влияет конструкция ствола и сопла, а также элементов дождевальной системы, подводящих к ним воду. А распадение струи зависит от характера потока воды перед соплом, взаимодействия с окружающим воздухом, веса воды, колебания давления перед соплом и в самой струе.

Привод поворачивающего устройства может быть механический или гидравлический. Гидравлический привод работает от водяного двигателя или за счет энергии поливной струи. Эта энергия используется для поворота ствола с помощью турбинки или лопатки. Механический привод обычно используется в дальнеструйных дождевальных машинах с приводом от вала отбора мощности трактора, гидравлический – в дальне- и среднеструйных дождевальных аппаратах, разборных переносных, передвижных и других многоопорных установках.

На дальность полета струи оказывает влияние как скорость потока, так длина и диаметр ствола, определяющие масштаб турбулентных пульсаций. С уменьшением числа Рейнольдса, характеризующего поток жидкости в стволе аппарата, дальность струи сначала увеличивается, затем уменьшается, так как растет степень поджатия сопла. Выравнивание потока жидкости за счет уменьшения скорости при степени поджатия выше 9 увеличивает турбулентность потока при выходе из сопла.

Скорость движения жидкости в стволе аппарата должна быть от 3 м/сек для аппаратов, имеющих высокий расход, до 9 м/сек для аппаратов медленного дождевания и среднеструйных с расходом до 1,5 л/сек. Для аппаратов медленного дождевания и среднеструй-

ных, имеющих расход до 1,5 л/сек, степень поджатия сопла должна быть 5, а для высокорасходных – 9.

Увеличение пути прохождения потока по стволу приводит к выравниванию его за счет трения о стенки и внутреннего трения и увеличению дальности полета струи. Относительная длина ствола зависит от состояния потока, подведенного к стволу. Для среднеструйных аппаратов, выполненных без выпрямителя с соблюдением плавности подвода жидкости и числе Рейнольдса в стволе, равном  $(0,5-1,0) 10^5$ , длину ствола рекомендуется принимать равной  $(14-16) D$ .

Чтобы увеличить дальность полета струи, необходимо также выравнивать поток жидкости в стволе аппарата. Выравнивание достигается путем деления потока в стволе на отдельные равные струйки с помощью успокоителей, или выпрямителей, уменьшающих беспорядочное движение воды в стволе.

Окончательно формируется струя в конфузоре и сопле. На дальность полета струи, и качество дождя могут влиять угол конусности конфузора и сопла, наличие или отсутствие цилиндрической части сопла, длина и криволинейная поверхность конфузора.

Для того чтобы сопло способствовало получению максимальной дальности полета струи, необходимо, чтобы подводимый к нему поток был хорошо выровнен, отсутствовали резкие изменения поперечного сечения и шероховатость внутренней поверхности сопла, переход от ствола к соплу, выполнен плавно и длина сопла не была бы чрезмерно велика. Лучшие результаты дают конические насадки с углом конусности  $30-60^\circ$ . Цилиндрическая часть у сопла уменьшает дальность полета струи, так как она начинает распадаться на капли сразу же по выходе из сопла. На дальнеструйных аппаратах при скоростях в стволе выше 4 м/сек рекомендуется устанавливать насадки с безударным входом и выходом потока, обеспечивающие максимальную дальность полета струи.

Чем длиннее сопло, тем больше возникают вихри из-за трения воды о его стенки. Поэтому при насадках большой длины особое внимание должно быть уделено снижению шероховатости внутренней поверхности. Шероховатости же выходного отверстия насадки увеличивают периметр поперечного сечения струи, нарушают ее целостность и ускоряют распадение ее на капли.

Дальность полета струи, равномерность распределения воды по орошаемой площади и размеры капель при дождевании зависят также от угла наклона ствола. Относительные напоры струйных аппаратов, имеющих расход воды от 1 до 100 л/сек, находятся в пределах 1200-7000. В этих пределах относительных напоров оптимальный угол наклона ствола изменяется от 38 до 20°. Каждому значению относительного напора соответствует определенный угол наклона ствола, при котором дальность будет максимальной.

Дефлекторные короткоструйные насадки применяются в различных дождевальными машинах и установках. Они работают при сравнительно низких напорах воды (0,5-4 кгс/см<sup>2</sup>). Это позволяет обеспечить большой расход воды и повышение производительности по сравнению с дальнеструйными устройствами той же мощности.

Короткоструйные насадки более равномерно распределяют дождь по площади, чем другие разбрызгивающие устройства, и обеспечивают высокое качество полива растений.

Короткоструйные дождевальные системы снабжены различными приспособлениями – насадками, которыми вода разбивается на капли непосредственно у выхода из насадки. Образуется круговой (зонтичный) или направленный в одну сторону факел дождя радиусом не более 10-12 м. Общая площадь покрытия дождем пропорциональна размерам системы или числу насадок, поэтому увеличение габаритных размеров установки является одним из основных условий повышения производительности.

Короткоструйные дождеватели отличаются сравнительно низкой для машин, работающих в движении, интенсивностью дождя (0,6-3 мм/мин) при достаточно высокой равномерности распределения дождя, но металлоемки и требуют сооружения более густой оросительной сети, чем современные среднеструйные дождевальные установки.

Струя, вытекающая из отверстия по ее оси, обтекает дефлектор и принимает при этом коническую форму с углом наклона образующей к горизонту, равным 30°. При дальнейшем движении вода распадается и продолжает двигаться в воздухе в виде капель. Около насадки выпадают самые мелкие капли. По мере удаления от насадки размеры капель увеличиваются. Структура дождя регулируется перемещением дефлектора.

Наиболее распространены так называемые маятниковые среднеструйные аппараты.

Механизм вращения аппаратов позволяет осуществлять полив, как по кругу, так и по сектору. Аппараты обеспечивают регулирование интенсивности дождя, расхода воды и дальности полета струи, при которой интенсивность искусственного дождя с перекрытием не превышает 0,3 мм/мин при номинальных расходах.

На среднеструйных аппаратах имеется сопло ближнего полива, с помощью которого дождь равномерно распределяется.

Аппараты устанавливаются на дождевальными установках и машинах, как на резьбе, так и с помощью быстросборного соединения.

Среднеструйные аппараты имеют малый вес, простую конструкцию, высокую работоспособность, отличаются простотой обслуживания и соответствием показателей агротехническим требованиям [1].

При орошении сельскохозяйственных культур широкое применение находят дальнеструйные дождевальные аппараты (ДДА).

Принцип работы дальнеструйных дождевальных устройств заключается в образовании струи, выбрасываемой из сопла дождевального аппарата на значительное расстояние.

ДДА различаются главным образом конструкцией механизмов вращения: с качающимися коромыслами и механизмы привода, работающие за счет разрежения.

Дальнеструйные дождевальные аппараты с механизмами привода, работающие за счет разрежения, создаваемого струей (вакуумные дождевальные аппараты), должны обязательно иметь сопло, оканчивающееся диффузором. Струя, проходя через узкое отверстие, образует зону вакуума. Эта зона соединена трубкой с диафрагмовым двигателем, работающим на воздухе за счет перепада давления между атмосферой и вакуумом в трубке. В этом случае струя механически ни чем не нарушается, но наличие диффузора на выходе снижает компактность струи и дальность ее полета. Кроме того, в струю поступает воздух, прошедший через пневматический двигатель, что также нарушает поток и в конечном итоге уменьшает радиус орошения.

Аппараты с качающимися коромыслами, вследствие простоты конструкции, в настоящее время завоевали популярность. Наибольшее распространение находят механизмы с турбинкой, работающей за счет энергии основной струи.

Дальнеструйные дождевальные устройства работают при напоре 3,5-9 кгс/см<sup>2</sup>. Это обеспечивает необходимую дальность полета струи,

и распыление ее на капли. Необходимость создания высокого напора требует для приведения в действие дальнеструйных установок мощных двигателей [2].

Дальнеструйные дождевальные машины, как правило, работают позиционно с забором воды из открытых каналов и гидрантов закрытой оросительной сети, мобильны, просты по конструкции и надежны в эксплуатации. Площадь, покрытая дождем, образуемым дальнеструйным дождевальным устройством, может достигать значительных размеров.

Дальнеструйные дождевальные устройства представляют собой конструкцию, состоящую из одного двух стволов с соплами. Стволы имеют механический привод или гидравлический, работающий под напором воды. Устройства подразделяются на переносные с разборным трубопроводом, стационарные, прицепные к тракторам, навесные на трактор или с собственным двигателем.

Однако при всем разнообразии струеобразующих устройств используемых в дождевальных машинах нашей страны, эти конструкции датируются 60-80 гг. прошлого века. К сожалению, в последние десятилетия в Российской Федерации приостановились разработки новых усовершенствованных модификаций дождевального оборудования, что в свою очередь открывает большие возможности исследований в этом направлении.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Лисютин В. П. Механизация сельскохозяйственных работ на орошаемых землях. – М.: Россельхозиздат, 1973. – 135 с.

2 Лебедев Б. М. Дождевальные машины. – М.: Машиностроение, 1977. – 244 с.

УДК 631.347:626.845

**В. В. Слабунов, В. А. Дедогрюк (ФГНУ «РосНИИПМ»)**

### **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРОШЕНИЯ НА ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДОЖДЕВАТЕЛЯ КОНСОЛЬНОГО ДАЛЬНЕСТРУЙНОГО ФРОНТАЛЬНОГО**

Одним из важнейших параметров дождевальных машин следует считать сезонную нагрузку (или подвешенную площадь), который оп-

ределяет валовые уровни сельскохозяйственной продукции и конечный экономический эффект орошения. Этот параметр зависит от характеристик машины, прежде всего, расхода, и от условий размещения. Поэтому необходимо учитывать влияние технологии полива на выбор параметров машины, ибо при неправильном поливе можно пересушить и малые площади, равно как, применяя оптимальные схемы, равномерно увлажнить возможно и существенно большие.

Другими словами, если представить машину, поливающую поле, занятое сельскохозяйственной культурой с определенной интенсивностью водопотребления в критический период вегетации, и установить в качестве ограничивающих условий требования к режиму увлажнения характерных створов (например, требование пребывания при влажности ниже наименьшего допустимого уровня в течение не более 3 суток), то можно установить его максимальные размеры с учетом особенностей природно-климатических зон, культур и технологических характеристик ДМ.

Используя полученные уравнения, можно методом перебора определить максимальные размеры полей, которые могут орошаться фронтальными дождевальными машинами, т.е. сезонную нагрузку на машину. При расходе машины 180 л/с и размещении на орошаемом поле одной культуры применительно к существующим поливным режимам и при условии недопустимого пересыхания поля результаты расчетов выглядят следующим образом (таблица 1).

Таблица 1

**Максимальные размеры полей,  
орошаемых ДЖДФ на землях ОПХ РООМС (в га)**

Интенсивность водопотребления в критический период, мм/сут.	Варианты работы	
	2 смены	3 смены
до 3	200	220
3-6	140	180
6-9	80	140

Ростовская область по своим природно-климатическим условиям относится к засушливой зоне. Если начинать поливы при 75-80 % НВ, то, применяя оптимальные схемы, поля максимальных размеров можно поливать без иссушения сверх допустимого всей их

площади. При этом оказывается, что ординаты гидромодуля поля составляют в предельных случаях 1,25.

Однако если правильно организовать севооборотный участок, то нагрузку на машину можно увеличить на 15-20 %, а ординаты гидромодуля снизить до 1,06 л/с·га.

В известную зависимость, определяющую величину поливной нормы для ДКДФ, входят: расход машины (прямо пропорционально); ширина захвата и скорость перемещения. Из этих трех величин норма является технологическим параметром, скорость и ширина захвата – конструктивными, а основным – расход. Определить величину расхода для известной площади обслуживания можно исходя из разных соображений, причем при конкретной разработке те или иные могут быть главенствующими. Если исходить из технологических аспектов, с учетом приведенной информации, можно воспользоваться рекомендуемыми выше величинами гидромодуля (при круглосуточной работе машин).

До недавних пор наиболее совершенными дождевальными машинами считались «Кубань» и «Фрегат», которые появились в Ростовской области в начале восьмидесятых годов. К настоящему времени таковых дождевальных машин имеются единицы, а орошаемые ими участки нуждаются в восстановлении. В этой связи представляется интересным оценить те преимущества, которые появляются при размещении на этих площадях машин с оптимальной нагрузкой, в сравнении с существовавшими вариантами прежде всего в отношении энергоемкости (таблица 2).

Таблица 2

**Оптимальные расходы дождевальных машин ДКДФ применительно к объектам-представителям Ростовской области**

Площади полей, га	Оптимальный расход, л/с	Потребляемая мощность, кВт (л.с.)	Снижение мощности, %
1	2	3	4
111	140	110 (150)	30
112	140	110 (150)	30
112	140	110 (150)	30
112	140	110 (150)	30
164	205	160 (220)	-
180	225	175 (242)	-
140	175	138 (188)	12

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
88	110	87 (118)	45
110	137	108 (147)	31
120	150	118 (161)	25
103	128	101 (137)	36

Из таблицы 2 следует, что дождевальные машины на объектах-представителях были размещены далеко не рационально. Это увеличивало максимум энергонагрузок, повышало габариты, вес, стоимость насосно-силового оборудования и машин, равно как и диаметры трубопроводной сети и сечение каналов, а в целом – материалоемкость, капитальные и эксплуатационные затраты. Поливать эти участки можно было бы ДМ с гораздо меньшими расходами, что снизило бы потребляемую мощность от 10 % до 45 %.

В расчете на будущую реконструкцию на объектах представителей необходимы машины, аналогичные ранее применявшимся в 10 % случаев, машины с расходом 150 л/с в 60 % случаев, а машины с расходом 100 л/с в 30 % случаев. Отсюда вытекает необходимость разработки и постановки на производство машин одной или нескольких принципиальных схем, но разных по параметрам и конструктивному исполнению.

Следует отметить, что высокорасходные машины более производительные и в практическом применении кажутся предпочтительнее. Однако, если говорить о ресурсосбережении, то ясно: расход ДМ должен быть наименьшим из возможных, для чего необходимо располагать соответствующими техническими возможностями, причем анализ, аналогичный приведенному, нетрудно сделать в рамках оросительной системы, субъекта Федерации, региона т.д., тем самым сориентировать разработчиков и промышленность в отношении основных параметров семейств дождевальных машин того или иного типа.

Одним из важнейших современных требований к любым техническим средствам является экономное расходование энергоресурсов. В мелиорации их потребление выражается в тоннах моторного топлива или киловатт-часах электроэнергии, поэтому чрезвычайно важно выделить основные факторы, влияющие на величину их расхода. Это можно сделать, исходя из следующих общих соображений.

Общие энергозатраты на один полив можно определить по известному выражению:

$$\mathcal{E} = \frac{q \cdot \rho \cdot H \cdot T}{\eta}, \quad (1)$$

где  $T$  – время полива;

$H$  – напор насоса;

$q$  – расход насоса;

$\eta$  – суммарный КПД насосно-двигательной установки;

$\rho$  – плотность воды.

Время полива можно определить, поделив пройденное расстояние на скорость движения ДМ, т.е.:

$$T = \frac{1}{V} = \frac{F}{B \cdot V}, \quad (2)$$

где  $F$  – поливная площадь.

Расход машины, выраженный через поливную норму, будет равен:

$$Q = M \cdot \eta_n \cdot B \cdot V. \quad (3)$$

В итоге, сделав соответствующие подстановки и сокращения, на один гектар и один полив получим:

$$\mathcal{E} = \frac{q \cdot \rho \cdot \eta_n}{\eta} \cdot M \cdot H, \quad (4)$$

а энергозатраты за весь поливной сезон будут равны:

$$\mathcal{E} = \frac{q \cdot \rho \cdot \eta_n}{\eta} \cdot M_o \cdot H, \quad (5)$$

где  $M_o$  – оросительная норма.

Таким образом, энергозатраты на поливе пропорциональны величине поливной или оросительной нормы и напору насосной станции или насосной установки ДМ, поэтому его можно считать параметром, характеризующим технический уровень дождевальной машины. Он обычно определяется из условий нормальной работы дождевальных аппаратов на конце ДМ или при гидроприводе – нормальной работы приводов последних тележек. Как показывает практика, в первом случае у широкозахватных машин он равен 0,3-0,4 МПа, а во втором существенно выше, так, у «Фрегата» до 10-12 МПа на насосной станции. Поэтому снижение потребного рабочего давления дождевальных машин одно из важнейших направлений совершенствования дождевальной техники.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ВОДЫ ПРИ ПОЛИВЕ  
ДОЖДЕВАТЕЛЕМ КОНСОЛЬНЫМ ФРОНТАЛЬНЫМ  
ДАЛЬНЕСТРУЙНЫМ**

Технология орошения дождеванием, как известно, основана на периодической подаче воды на поле с целью восполнения влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы. В большинстве случаев лучшая влагообеспеченность растений достигается при частых поливах и, как следствие, небольшими нормами. Но такой режим орошения не всегда оказывается экономически целесообразным, т.к. требует повышенных затрат труда и воды. Дело в том, что при поливах малыми нормами почвоувлажнительный эффект дождевания (отношение поступившей в почву воды к поданной, через дождевальные насадки) оказывается крайне низким и не превышает 50-60 % при поливе нормой 200-300 м<sup>3</sup>/га. Остальная часть поданной воды испаряется в воздухе, сносится в виде водяной пыли за пределы орошаемого поля, задерживается, а затем быстро испаряется с листовой поверхности растений. При увеличении поливной нормы до 400-600 м<sup>3</sup>/га почвоувлажнительный эффект повышается до 70-80 %, а при поливе в ночное время – до 85-95 %.

Одним из видов потерь оросительной воды при дождевании является испарение воды с поверхности капель дождя во время их полета в воздухе. Ее величина определяется температурой и дефицитом влажности приземного слоя воздуха, скоростью ветра, структурой и диаметром капель, давлением в дождевателе и типом дождевальной машины и изменяются в широких пределах 2-44 % от объема поданной воды, в зависимости от метеоусловий, что свидетельствует о большой величине испарения воды.

Исследование величины потерь на испарение из дождевого облака, создаваемого при работе дождевателя консольного фронтального дальнеструйного, оценивалась по разнице между объемами воды, поданными дождевальными машинами и собранными у поверхности почвы с помощью дождемеров согласно методике государственных испы-

таний дождевальных машин. Для сбора воды у поверхности почвы были изготовлены специальные пробоотборники, представляющие собой воронку, помещенную в стеклянную бутылку. С целью снижения испарения воды, собранной в пробоотборники, бутылка оборачивалась в два слоя хлопчатобумажной тканью. Смачиваясь в зоне дождя, ткань способствовала снижению температуры воды в пробоотборниках.

В наших исследованиях структура дождя, создаваемая ДКДФ, состояла из капель от 0,57 до 1,22 мм. Применяемая для полива вода содержала 34-51 мг/л катиона натрия. Средние погрешности между повторностями не превышали 1,5-2,0 %. Средний слой дождя находился в пределах 3,5-4,0 мм. Потери воды на испарение из дождевого облака при поливе дождевальной машиной ДКДФ колебались в диапазонах 2,5-25 %.

Анализ опытных данных позволил установить корреляционную зависимость величины ( $E$ ) от дефицита влажности ( $D$ ) и скорости ветра ( $V$ ) (рисунок 1).

По рисунку 1 можно сделать вывод, что с увеличением дефицита влажности воздуха, при постоянной температуре воздуха и скорости ветра, потери воды на испарение увеличиваются постепенно до 8-10 мб и более интенсивное испарение происходит при дефиците влажности более 8-10 мб.

В связи с тем, что по широко распространенному биоклиматическому методу расчета суммарных испарений производится по величине дефицита влажности воздуха ( $D$ ), за основу была принята зависимость:

$$E = f(D \cdot V).$$

Для получения зависимости испарения воды с дождевых капель в процессе полива ДКДФ от метеоусловий, делением  $E$  на  $D$  приводим величину влажности воздуха в мб. Математическая обработка в StatSoft Statistica опытных данных позволила получить эмпирическую формулу, отражающую зависимость величины испарения ( $E$ ) от дефицита влажности ( $D$ ) скорости ветра ( $V$ ) (рисунок 2):

$$E = 0,36D \cdot (1 + 0,247V). \quad (1)$$

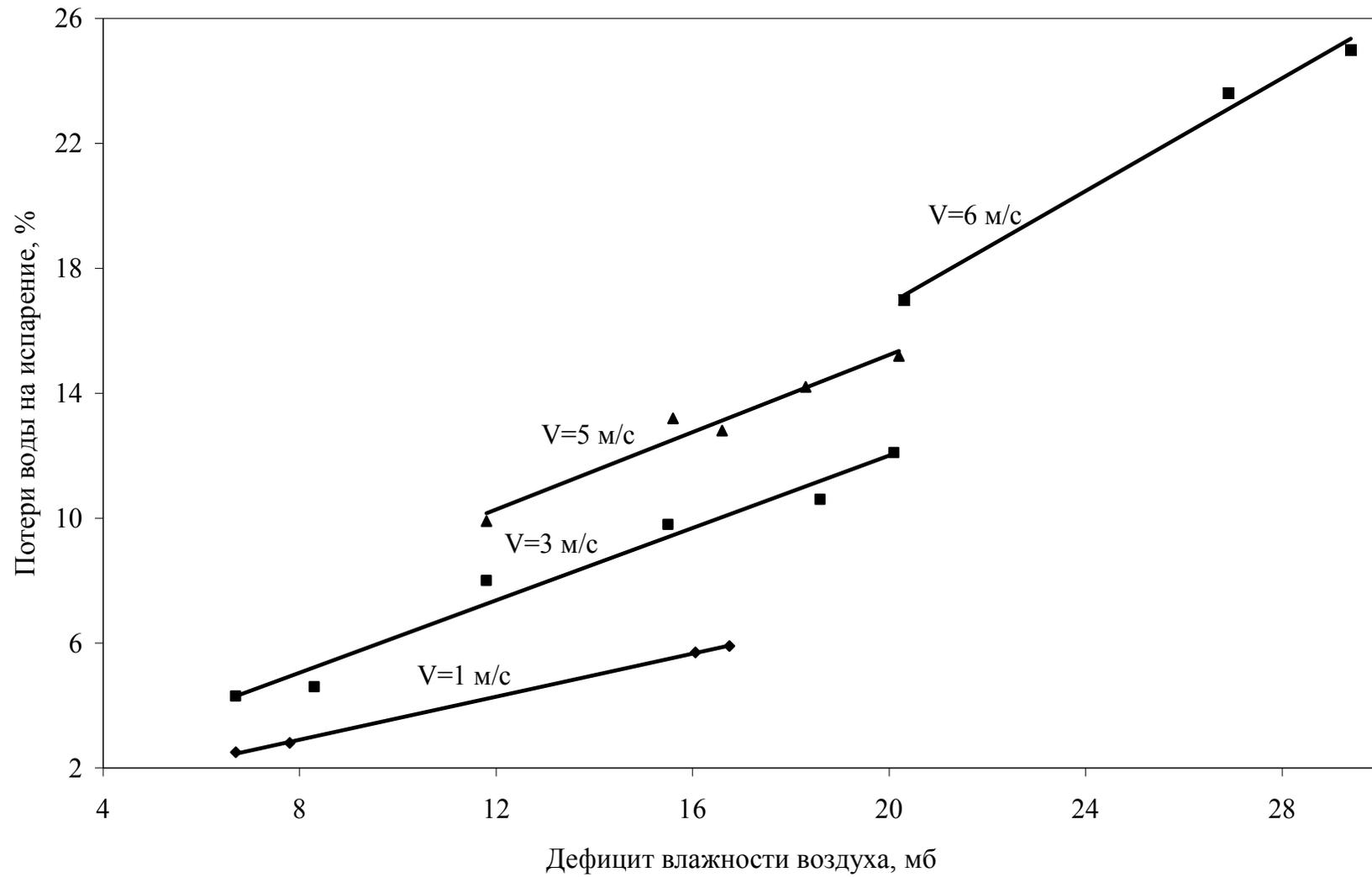
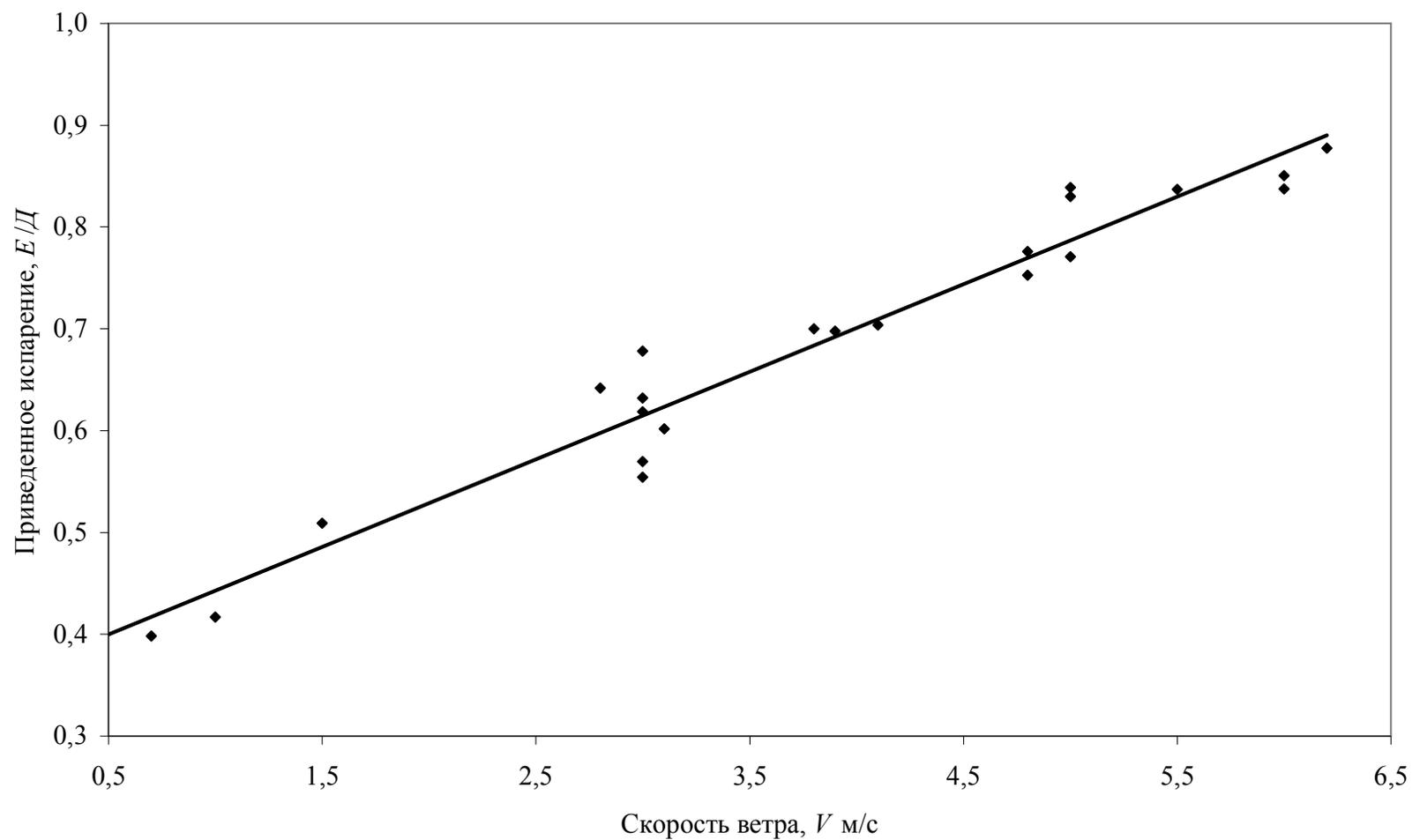


Рис. 1. Потери воды на испарение в зависимости от дефицита влажности воздуха и скорости ветра



**Рис. 2. График зависимости  $\frac{E}{D} = f(V)$  в процессе полива  
дождевателя консольного дальнеструйного фронтального**

Приведенная зависимость (1) свидетельствует, что изменение скорости ветра и недостатка насыщения оказывает определяющее влияние на величину испарения при дождевании. Это говорит о том, что в естественных условиях воздух практически никогда не находится в состоянии покоя. Следовательно, над поверхностью дождевых капель проносятся то более, то менее влажные массы воздуха с различной скоростью.

По зависимости (1) определены потери воды на испарение при поливе ДКДФ, в наиболее характерном сочетании метеоусловий в течение дня (таблица 1).

Таблица 1

**Потери воды на испарение ( $E$ , %) при поливе ДКДФ  
в зависимости от метеоусловий**

Дефицит влажно- сти воздуха, мб.	Скорость ветра, м/с						
	0	1	2	3	4	5	6
5	1,80	2,24	2,69	3,13	3,58	4,02	4,47
10	3,60	4,49	5,38	6,27	7,16	8,05	8,94
15	5,40	6,73	8,07	9,40	10,74	12,07	13,40
20	7,20	8,98	10,76	12,54	14,31	16,09	17,87
25	9,00	11,22	13,45	15,67	17,89	20,12	22,34
30	10,80	13,47	16,14	18,80	21,47	24,14	26,81

Статистическая оценка точности зависимости была выполнена с применением ЭВМ и получены следующие данные: среднее квадратическое отклонение, вычисленное по зависимости от фактически измеренных, равно  $S = \pm 2,14$ ; коэффициент вариации  $V = 19,8 \%$ ; коэффициент корреляции между фактическими данными и вычисленными по зависимости составил  $r = \pm 0,96 \%$ ; ошибка коэффициента корреляции  $Sr = 0,035 \%$ .

Таким образом, полученные эмпирическая зависимость потерь воды на испарение при поливе и расчетные значения потерь воды при поливе позволят оптимально рассчитать величину поливной нормы при разработке и реализации технологических схем и графиков полива дождевателя консольного дальнеструйного фронтального.

## **ПРОЦЕССЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИСПАРЕНИЕ ВОДЫ, ПРИ ДОЖДЕВАНИИ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Известно, что одним из видов потерь оросительной воды при дождевании является испарение воды с поверхности капель дождя во время их полета в воздухе.

Основными факторами в процессе дождевания, влияющими на величину испарения, являются температура и дефицит влажности приземного слоя воздуха, скорость ветра, структура и диаметр капель, высоты полета капель дождя и тип дождевальной машины [1, 2].

Изучение потерь воды из дождевого облака проводилось многими исследователями, как в нашей стране, так и за рубежом. Приведенные данные исследований показывают, что потери воды на испарение в процессе дождевания изменяются в широких пределах 2-44 % от объема поданной воды. Эти различия обусловлены разными метеоусловиями во время проведения опытов, разной структурой дождя и различиями в методике определения этих величин [1, 2, 3].

Отсюда очевидна необходимость изучения потерь воды на испарение непосредственно в агроклиматическом регионе Ростовской области при поливе дождевателем консольного фронтального действия ДКФ-1ПК, созданного ФГНУ «РосНИИПМ» с участием автора.

Потери дождя на испарение можно определить методом водного баланса по разнице между объемом воды, поданным в дождевальную машину, и осадками, выпавшими на поверхность почвы в процессе полива [4].

Наблюдения за скоростью ветра, температурой и влажностью воздуха проводились на высоте двух метров от поверхности почвы, при расположении приборов с наветренной стороны на расстоянии 50 метров от дождевальной машины, чтобы на них не оказывал влияния и микроклимат, создаваемый ДКФ-1ПК. Эти метеоданные сверялись с данными метеостанции «Ёлкино», расположенной на расстоянии 400 м от дождевальной машины.

При проведении опытов отсчет по приборам (анемометру, психрометру) проводился одновременно с прохождением дождевого об-

лака, с интервалом через каждые 30 и 60 секунд. Опыты проводились в течение светового дня. Исследования по определению величины испарения проводились в 2004 году при работе ДКФ-1ПК в движении на полях ООО «Агросфера» Ростовской области (таблица 1).

Таблица 1

**Потери воды на испарение при поливе дождевальными машинами ДКФ-1ПК в зависимости от метеоусловий**

Время проведения опыта	Температура воздуха, °С	Дефицит влажности воздуха $D$ , мб	Скорость ветра $v$ , м/с	Потери воды на испарение, %	Точность опыта $S_k$ , %
7.35	19,1	6,7	2,8	4,3	0,8
10.35	24,1	18,3	4,8	14,2	1,2
11.58	25,2	20,3	6,0	17,0	0,7
13.43	27,1	26,9	6,2	23,6	1,8
15.02	28,0	29,4	6,0	25,0	1,8
16.51	27,5	28,0	4,1	19,7	1,3
18.00	26,2	24,9	3,0	15,4	0,5
19.35	23,8	20,1	3,1	12,1	0,9

Вычисленные относительные проценты погрешности анализа приводились в соответствии с методическими указаниями [4]. Средние погрешности анализа между повторностями проведения опыта в поливной воде не превышали 1,5-2,0 %. Средний слой дождя находился в пределах 3,3-3,9 мм.

Как видно из данных таблицы, потери воды на испарение из дождевого облака при поливе дождевальными машинами ДКФ-1ПК колебались в пределах 4,3-25 %.

Наблюдения показывают, что испарение воды в процессе полета капель относится, в основном, к самому высокому температурному интервалу времени, когда дефицит влажности воздуха и скорости ветра достигает своих максимальных суточных значений. Естественно, что при круглосуточной работе ДКФ-1ПК средние потери будут меньше.

**Выводы.**

1. С увеличением дефицита влажности воздуха (при постоянных температурах воздуха и скорости ветра) потери воды на испарение увеличиваются постоянно до 8-10 мб, и более интенсивное испарение происходит при дефиците влажности более 8-10 мб.

2. Величина испарения воды в процессе полета капель при дождевании существенна, и при назначении поливных норм она должна учитываться.

3. В процессе дождевания существует довольно тесная связь между испарением воды, временем полета капель и скоростью ветра, в результате можно построить количественную зависимость, которая позволит по недостатку насыщения воздуха и скорости ветра определять испарение воды при дождевании с достаточной точностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Колесник Ф. И. Результаты государственных испытаний дождевальных машин и методы оценки качества их работы. – М.: ВИСХОМ, 1960. – С. 104-143.

2 Миленин Б. О. О выборе основных параметров дождя для оценки дождевальных машин и установок // Гидротехника и мелиорация. – 1979. – № 8. – С. 77-81.

3 Pashek “Vodni hospodorstvi”. – 1964. – № 12. – С. 23-28.

4 СТО АИСТ 11.1-2004. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. – М., 2004. – 64 с.

УДК 621.311.26:631.171

**В. Л. Бондаренко** (ФГОУ ВПО «НГМА»),

**А. А. Кувалкин** (ООО ГеоИнноТех)

### **АВТОНОМНО-ГИБРИДНЫЙ ЭНЕРГОКОМПЛЕКС НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ КАК СРЕДСТВО ЭФФЕКТИВНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК<sup>1</sup>**

Автономно-гибридный энергокомплекс (АГЭК) предполагает объединение альтернативных энергоустановок малой мощности в виде малых гидроэлектростанций (МГЭС), ветроэнергетических установок (ВЭУ), фотоэлектрических станций (ФЭС), солнечных тепловых коллекторов (СК), геотермальных энергостанций (ГТЭС), энергостанций на биотопливе (БиоЭС), тепловых насосов (ТН), малых тепловых

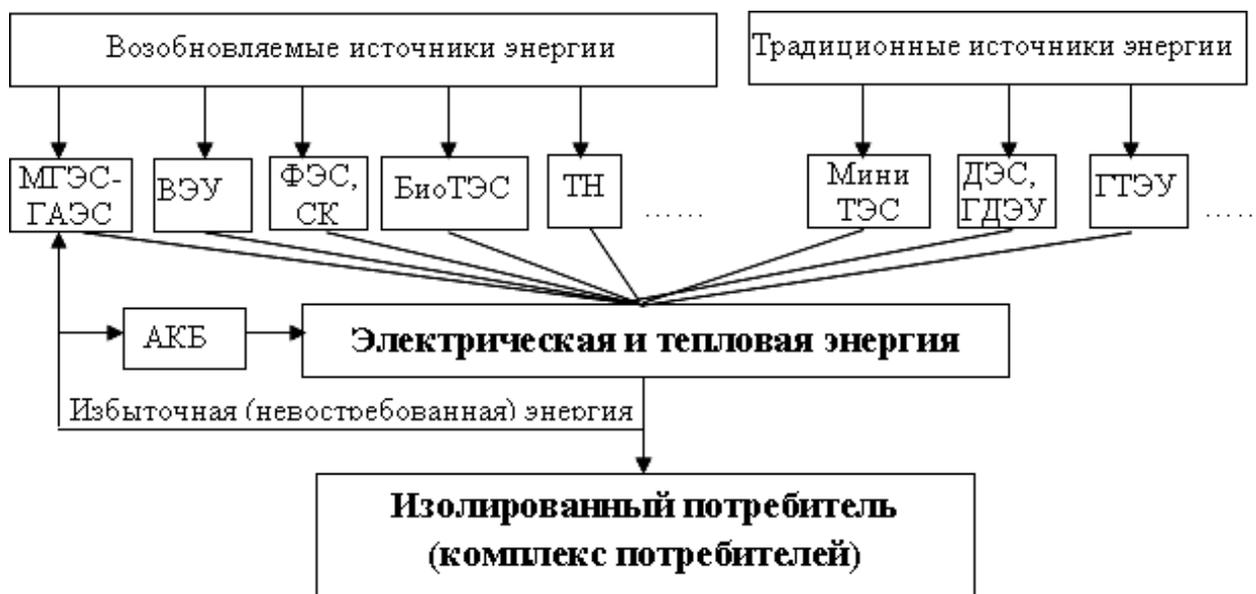
---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

электростанций (МиниТЭС), дизельных электростанций (ДЭС), газодизельных энергетических установок (ГДЭУ), газотурбинных энергетических установок (ГТЭУ) и других малых энергетических установок (МГЭУ) на которых производится преобразование возобновляемых и невозобновляемых источников энергии (ВИЭ, НИЭ) для целей автономного энергоснабжения изолированного от действующих энергетических сетей (электрических, тепловых) потребителя или комплекса изолированных потребителей.

Техническим результатом, достигаемым настоящим решением является использование возобновляемых и невозобновляемых источников энергии для целей гарантируемого энергоснабжения изолированного потребителя или комплекса изолированных потребителей, как в базовом, так и в пиковом режимах потребления вырабатываемой энергии.

Данный технический результат достигается тем, что отдельные альтернативные энергетические установки в виде МГЭС, ВЭУ, ФЭС, БиоЭС ДЭС и другие объединены в единую систему (рисунок 1), которая обеспечивает гарантируемую энергоподачу изолированному от действующих внешних энергетических сетей (электрических, тепловых) потребителю или комплексу потребителей заданной мощности.



**Рис. 1. Схема функционирования АГЭЖ**

В системной взаимосвязи, взаимодействии и взаимоотношении между отдельными альтернативными энергетическими установками и

изолированным потреблением центральным структурообразующим элементом является МГЭС (в том числе с функцией гидроаккумуляции-ГАЭС) в составе водохранилищного гидроузла, который выполняет роль накопителя для возможности перераспределения во времени потенциальной энергии водотока – реки, на гидрографической сети которую формирует водный сток (поверхностный, подземный).

Указанные энергетические установки по преобразованию как возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на рисунке 1, которые, как правило, используются не во взаимосвязи или неполной взаимосвязи с другими альтернативными энергетическими установками, что не позволяет обеспечить гарантируемую (необходимую) энергоподачу изолированному потребителю требуемой мощности.

Так, при использовании только МГЭС в составе водохранилищного гидроузла без наличия других альтернативных энергетических установок, обеспечение необходимой мощности энергоподачи изолированному потребителю зависит от климатических и текущих гидрометеорологических условий. Следовательно, такая энергетическая установка не может гарантированно обеспечить энергоподачу необходимой мощности изолированному потребителю.

ВИЭ на основе ветроэнергетической установки в течение суток, отдельных декад месяца, времени года носит переменный характер. Такая переменность в скорости (силе) ветра над земной поверхностью в ее приземных слоях на высоте до 50 м обеспечивает переменную энергоподачу изолированному потребителю, что не эффективно с экономической точки зрения, а также в технологических процессах потребителя.

Фотоэлектрические станции или солнечные коллекторы являются постоянными и практически неиссякаемыми источниками энергии, но зависят от географических факторов и вращения Земли вокруг Солнца. К отдельным факторам относится переменность в интенсивности солнечного излучения в зависимости от времени суток, года и др.

Если для гарантированного энергообеспечения необходимой мощности изолированного потребителя использовать дизельную энергетическую установку (ДЭУ), БиоТЭС или малую тепловую электростанцию (МТЭУ), то данные энергетические установки при

постоянном и непрерывном их использовании делают выпускаемую продукцию на предприятии потребителя неконкурентоспособной из-за высокой себестоимости потребляемой энергии, в том числе из-за невозможности работать в переменном и пиковом режимах.

Если рассматривать отдельно дизель-генератор (бензогенератор), то известно, что подобные установки шумны, неэкологичны, требуют значительных затрат на эксплуатацию. Стоимость электроэнергии, получаемой при помощи дизель-генераторов, составляет до 15 руб./кВт\*ч.

График электрической нагрузки изолированного потребителя неравномерен. В то же время дизель-генераторы предназначены для постоянной работы, регулярные отключения-выключения значительно уменьшают срок службы, снижают КПД генератора (двигатель работает впустую, повышая стоимость произведенного кВт\*ч).

Оптимальной является работа дизель-генератора в качестве резерва в гибридной системе электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии. Таким образом, МГЭС, ветроустановка (или СФЭУ) работает при наличии соответствующего возобновляемого природного ресурса: расхода воды и напора в водохранилище, ветра, ясной погоды, заряжая аккумуляторы (АКБ), выдавая мощность потребителю, а при возможности обеспечивает режим гидроаккумуляции (невостребованная энергия, к примеру, ветроустановки, используется для перекачивания воды из низового бассейна в верховое водохранилище, накапливая тем самым потенциальную энергию воды в водохранилище и перераспределяя ее во времени в случай провала гарантийной подачи). Как только ветроустановка (или СФЭУ) перестает выдавать необходимую мощность, а расхода ГЭС недостаточно, включается дизель-генератор и восполняет недостаток. Такая схема электроснабжения имеет следующие преимущества: надежность системы электроснабжения, экономия топлива, увеличение ресурса работы дизель-генератора, экологичность.

Эффективность предложенной системы «АГЭК-изолированный потребитель» обеспечивается следующими факторами:

- возможностью безопасно, надежно и без дополнительных затрат обеспечивать изолированного потребителя, в том числе при от-

сутствии потребления электроэнергии, когда предприятие не работает в ночное время, выходные, праздничные дни и т.д.;

- высокие гарантии надежности выдачи базовой (потребной) мощности для нужд изолированного потребителя в силу множественности и альтернативной дополняемости различных источников;

- высокая маневренность в варьировании базовой мощности в связи с изменением потребности (технологии) потребителя;

- высокая маневренность для целей покрытия пиковых нагрузок обеспечения неравномерного недельного и суточного графиков потребления;

- минимальные потери энергосистемы в случае отказа автономного потребителя или резкого сокращения его энергопотребности;

- минимальные потери электрической энергии при ее передаче на пути от генерирующих установок до конечного потребителя, возможность при наличии сетевой инфраструктуры существенно сэкономить на коммунальных платежах;

- безопасность от внезапных отключений электроэнергии, газа, а также от скачков электроэнергии в сети;

- в случае отсутствия сетевой инфраструктуры автономные системы являются единственно возможным решением проблемы энергообеспечения (как известно от 70 % до 80 % потребителей сельских территорий Российской Федерации не обеспечены централизованным энергоснабжением от электрических сетей).

Весьма существенным свойством АГЭК является, так называемый, мультипликативный эффект от использования различных установок в единой системе «АГЭК-изолированный потребитель».

Мультипликативность эффекта функционирования комплекса АГЭК означает, что суммарная минимально гарантированная выработка энергии (минимально гарантированная мощность) существенно больше, чем арифметическая сумма минимальной гарантированной выработки энергии (минимально гарантированной мощности) при использовании каждой установки в отдельности:

$$\mathcal{E}_{\text{АГЭК}} > \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots + \mathcal{E}_n, \quad (1)$$

$$\frac{\mathcal{E}_{\text{АГЭК}}}{\sum \mathcal{E}_i} = k > 1, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{АГЭК}}$  – суммарная минимально гарантированная энерговыработка (минимально гарантированная мощность) АГЭК;

$\mathcal{E}_i$  – гарантированная энерговыработка (гарантированная мощность)  $i$ -го источника при использовании изолированно;

$k$  – мультипликатор системного эффекта ( $k > 1$ ), т.е. при производстве одного киловатт-часа энергии (электрической, тепловой) внутри комплекса потребитель получает  $k$ -киловатт-часов энергии.

Данное свойство АГЭК строго доказано математически на основе положений системного анализа с использованием аппарата теории множеств, математической экономики и дисперсионного анализа.

В качестве изолированного потребителя или комплекса потребителей рассматриваются малые предприятия как сельскохозяйственного, так и промышленного производства, орошаемого земледелия, сельхозводоснабжения, коммунального хозяйства, не имеющие связи с существующими внешними электрическими и тепловыми сетями, но имеющие потенциальную потребность в энергетическом обеспечении необходимой (гарантированной, переменной, пиковой) мощности.

В настоящее время выполняется пилотный проект по созданию некоторого прообраза АГЭС на территории Сальского района Ростовской области в составе проекта энерго-агро-водохозяйственного кластера (ЭАВХК), *как замкнутой производственной системы*, на базе АГЭК, включающего малые ГЭС на Сальском и Воронцово-Николаевском водохранилищах, ветроэнергетические и энергодизельные установки, которые будут работать, в том числе, в гидроаккумулирующем режиме. В составе обеспечиваемого производственного комплекса предусматриваются следующие предприятия и соответствующие инвестиционные проекты по их реализации:

- малые ГЭС на Сальском и Воронцово-Николаевском водохранилищах;

- ветроэнергетические установки на территории Сальского района вблизи энергопотребляющих объектов;

- предприятие по производству гипохлорита натрия для целей снабжения систем питьевого водоснабжения Ростовской области, борьбы с сине-зелеными водорослями и зарастанием мелиоративных каналов;

- предприятия по переработке сельскохозяйственного сырья и сельскохозяйственной продукции, производству удобрений и микроудобрений на базе местных ресурсов;

- организация МТС с целью воспроизводства плодородия сельскохозяйственных земель на базе инновационной роторно-фрезерной технологии обработки почв и рециклинга промышленных отходов, отходов растениеводства и животноводства;

- создание логистического центра для управления реализацией продукции ЭАВХК.

В контур создаваемого энерго-агро-водохозяйственного кластера будут входить гидротехнические сооружения на Сальском и Воронцово-Николаевском водохранилищах, специально выделяемые земельные участки для размещения ГЭС, ВЭС и других предприятий, а также соответствующие объекты инфраструктуры, находящиеся в муниципальной собственности района.

УДК 631.4.002.637

**В. А. Бандурин** (ФГОУ ВПО «НГМА»)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЖИДКИМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ<sup>1</sup>**

Развитие энергетической отрасли хозяйственной деятельности взаимосвязано с совершенствованием применяемых технологий, предусматривающих наличие в технологических процессах накопителей жидких промышленных отходов (НЖПО). Так, планом развития энергетической отрасли к 2020 году в ЮФО планируется ввести в строй почти 13,3 тыс. МВт новой генерации на гидравлических, тепловых и атомных электростанциях. Новая схема электроснабжения позволит реализовать крупные инвестиционные проекты по строительству новых заводов, а также повысит надежность электроснабжения более 150 крупных промышленных предприятий, создаст условия для реализации более 25 новых инвестиционных проектов. В регионах Южного федерального округа спрос на электроэнергию, согласно тому же

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

прогнозу, будет увеличиваться темпами выше общероссийских – от 5,1 % до 6,2 %.

НЖПО в технологических схемах – это постоянный источник опасности для окружающей природной среды, мелиорируемых земель и населения, проживающего в зоне влияния данного объекта. Являясь таковым, НЖПО вносят определенные изменения в естественные процессы взаимодействия природных компонентов. Системное изучение структурных связей между природными компонентами, НЖПО и населением в зоне их влияния, является весьма актуальным с позиции прогнозирования обеспечения экологической безопасности для сельскохозяйственных земель и жизненно важных интересов населения. Накопители жидких промышленных отходов относятся к категории опасных объектов, имеющих широкое распространение в производстве. Аварии на подобных сооружениях могут привести к загрязнению окружающей среды, затоплению близлежащих сельскохозяйственных территорий, загрязнению объектов водопользования и мелиорируемых земель, что повлечет огромные убытки для предприятия и региона в целом. Поэтому обеспечение безопасности таких объектов имеет существенное значение.

Для безопасной эксплуатации накопителей жидких промышленных отходов требуется создание научно обоснованных подходов к прогнозированию и оценке безопасности в течение всего жизненного цикла таких объектов. Автоматизация решения задач оценки и прогнозирования безопасности с помощью информационных моделей поддержки принятия управленческих решений – актуальный метод повышения эффективности управления промышленно-экологической безопасностью накопителей жидких промышленных отходов.

Безопасное природопользование в различных сферах хозяйственной деятельности в большей степени связано с использованием водных ресурсов в различных технологических процессах. НЖПО являются пространственно-распределенными промышленными объектами, то есть представляют собой комплекс промышленных и природных объектов, которые взаимодействуют на любом этапе жизненного цикла. Поэтому при мониторинге, прогнозировании и анализе безопасности необходимо рассматривать подобное сооружение и как единый опасный объект, и как комплекс его составляющих. Характеристики

пространственно-распределенных промышленных объектов изменяются во времени, но в настоящее время для них практически отсутствует оперативный комплексный анализ с вариантами дальнейшего развития внешних и внутренних факторов риска при наличии предаварийной ситуации в текущий момент времени. Оценка и прогнозирование выполняется для предупреждения возможной деградации окружающей природной среды и сельскохозяйственных земель в зоне влияния НЖПО. Такая оценка должна предшествовать принятию решения об инвестициях в реализацию проекта строительства или реконструкции накопителей жидких промышленных отходов.

Автоматизация решения этих задач и интеграция их в единую систему сбора и обработки данных и оперативного управления позволит повысить и эффективность функционирования накопителей жидких промышленных отходов и снизить техногенную нагрузку на объекты природопользования и прилегающие земли сельскохозяйственного назначения.

Для совершенствования оценки миграции веществ-загрязнителей из НЖПО и их воздействие на прилегающие территории и земли сельскохозяйственного назначения важным является определение количественных показателей взаимодействия НЖПО с окружающей средой, что обусловило проведение комплексных лабораторных и натурных исследований. Посредством лабораторных исследований изучались вопросы фильтрации из НЖПО. Изучение вопросов фильтрации из НЖПО проводилось методом электрогидродинамических аналогий (ЭГДА) на установке ЭГДА-9/60 в лаборатории моделирования фильтрационных процессов Новочеркасской государственной мелиоративной академии (НГМА). Задачей исследований являлось определение зоны влияния на прилегающие территории фильтрационного потока группы НЖПО Новочеркасского завода синтетических продуктов.

По результатам фильтрационных исследований из НЖПО поток на выходе соответствует первоначально ширине НЖПО и постепенно расширяется в плане по мере продвижения к реке Тузлов. Были определены удельный фильтрационный расход, и скорость фильтрации, а также соотношения скорости фильтрации и фильтрационного расхода. По полученным данным был сделан вывод, что и концентрация

фильтрата соответственно должна изменяться в сторону снижения. Можно считать, что в случае разгерметизации дамб и противофильтрационных элементов НЖПО и утечек фильтрата, наиболее опасными участками являются территории находящихся вблизи НЖПО.

Натурными исследованиями определялась динамика уровня и химический состав фильтрационных вод в активной и пассивной зонах влияния. По результатам натурных исследований, проводимых на режимных скважинах в течение 2 лет было установлено, что химический состав фильтрационных вод по ингредиентам РН, Щелочность, Минерализация, Сульфаты, Хлориды, Железо общее, Нефтепродукты, Алюминий, изменялся на порядок и в десятки раз в сторону уменьшения. Таким образом, вещества-загрязнители аккумулируются на обширных территориях в толще земли сельскохозяйственного назначения.

На основе разработанных моделей реализована и апробирована система, позволяющая провести комплексную оценку устойчивости к воздействию чрезвычайных ситуаций техногенного, природного, социального характера, а также к воздействию первичных и вторичных факторов поражения в военное время. В рамках системы рассматриваются несколько разнотипных объектов. Исходные данные – технологические характеристики опасных объектов и природные условия окружающей среды. В результате работы системы оператор (эксперт) получает следующую информацию: из всего списка пространственных элементов каждого объекта выделяются только те, которые имеют самый высокий показатель риска возникновения аварийной ситуации. На основе информации об опасных участках, лицами, принимающими решения, разрабатываются возможные сценарии аварий и катастроф. Помимо системы, описанной выше, представленные модели использованы при выполнении расчета вероятного ущерба при авариях на гидротехнических сооружениях ОАО «Новочеркасский завод синтетических продуктов», а также для решения некоторых частных задач, таких, как паспортизация пространственно-распределенных опасных объектов. Внедрение вышеперечисленных программных продуктов позволило специалистам в области промышленно-экологической безопасности повысить оперативность и эффективность прогнозирования безопасности опасных объектов, что суще-

ственно повысило уровень автоматизации процесса сопровождения комплекса в целом.

На основе результатов натурных исследований безопасности НЖПО нами была разработана, выполнена и успешно внедрена (подтверждается актом внедрения), программа по определению параметров распространения жидких промышленных отходов на прилегающих территориях.

Исследованиями показано, что одним из важнейших условий экологической безопасности НЖПО, являются пределы отклонения состояния ПТС от состояния окружающей среды, являющейся системой более высокого уровня.

Условие экологической безопасности земель сельскохозяйственного назначения определяет принцип востребованности внешней окружающей средой систем более низкого иерархического уровня, т.е. отклонения в состоянии системы более низкого уровня не должно выходить из полосы конволюции, в противном случае экологическая безопасность не обеспечивается.

Стратегия безопасности НЖПО обуславливается направлением по достижению допустимого уровня риска, как интегральной оценки экологической и техногенной опасности.

Вероятность возникновения негативных последствий воздействия НЖПО на компоненты окружающей среды зависит от определенных групп факторов: токсичности, состояния и количества жидких отходов, технического состояния конструкций гидротехнических сооружений и правилами их эксплуатации.

УДК 631.371:620.9

**В. Л. Бондаренко, А. Е. Красильникова (ФГОУ ВПО «НГМА»)**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ<sup>1</sup>**

Ветроэнергетика – это отрасль энергетики, специализирующаяся на использовании кинетической энергии ветрового потока.

Ветряные мельницы использовались для размола зерна в Персии

---

<sup>1</sup> – Издается в авторской редакции.

уже в 200-м году до н.э. Мельницы такого типа были распространены в исламском мире и в 13-м веке принесены в Европу крестоносцами.

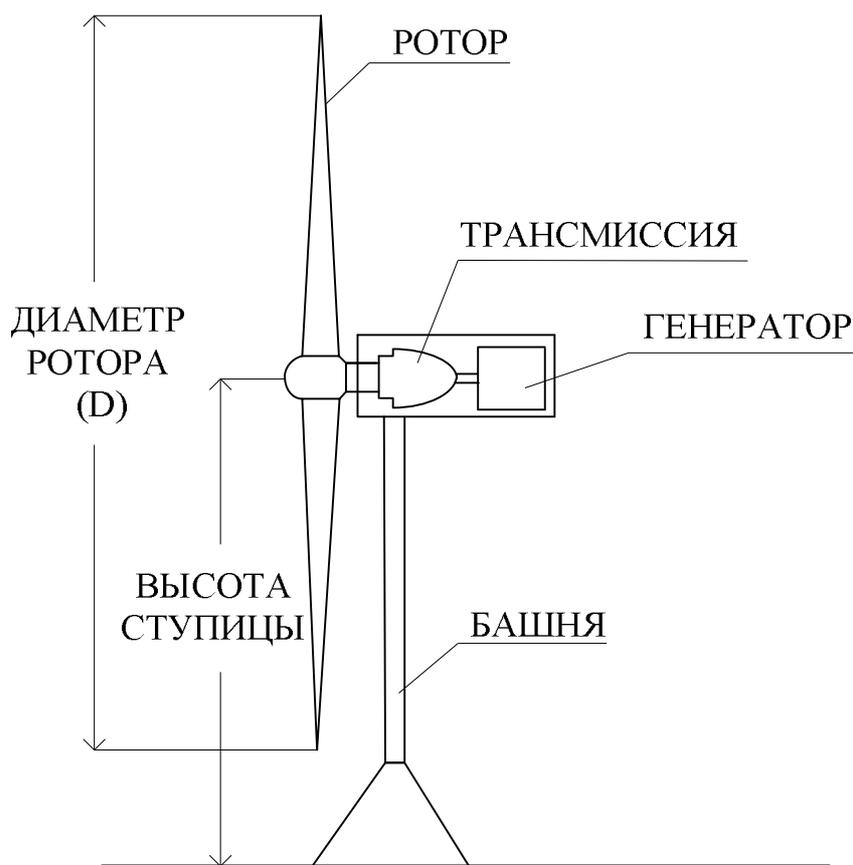
В XVI веке в городах Европы начинают строить насосные станции с использованием гидродвигателя и ветряной мельницы. В Нидерландах многочисленные ветряные мельницы откачивали воду с земель, огражденных дамбами. Отвоеванные у моря земли использовались в сельском хозяйстве. В засушливых областях Европы ветряные мельницы применялись для орошения полей [3].

Водяной насос, работающий за счет энергии ветра, появился в 1854 году в США. Он представлял собой ту же модель ветряной мельницы с большим количеством лопастей и флюгером для определения направления ветра. Первая ветряная станция, производящая электричество, была построена в Дании в 1890-м году, а к 1908-му году насчитывалось уже 72 станции мощностью от 5 до 25 кВт. Предшественница современных ветроэлектростанций с горизонтальной осью имела мощность 100 кВт и была построена в 1931 году в Ялте. К 1941-му году единичная мощность ветроэлектростанций достигла 1,25 МВт. В период с 1940-х по 1970-е годы ветроэнергетика переживает период упадка в связи с интенсивным развитием передающих и распределительных сетей, дававших независимое от погоды энергоснабжение за умеренные деньги. Возрождение интереса к ветроэнергетике началось в 1980-х, когда в Калифорнии начали предоставляться налоговые льготы для производителей электроэнергии из ветра [3].

Ветроустановка состоит из следующих компонентов: ротор, трансмиссия, генератор, башня (рисунок 1).

В настоящее время в мире функционирует более 30 000 ветроэлектрических агрегатов, суммарная мощность которых превышает 30 млн кВт, а технический потенциал энергии ветра России оценивается в 50 000 миллиардов кВт\*ч/год. Установленная мощность на 2008 г. равна 16,5 МВт. Диапазон мощностей современных ветроэлектрических станций (ВЭС) имеет пределы от сотен ватт до нескольких мегаватт.

Существуют автономные ветроустановки и целые ветропарки, которые предназначены для обеспечения электричеством промышленного предприятия, отдельной его части, либо могут быть подсоединены к центральной энергосистеме.



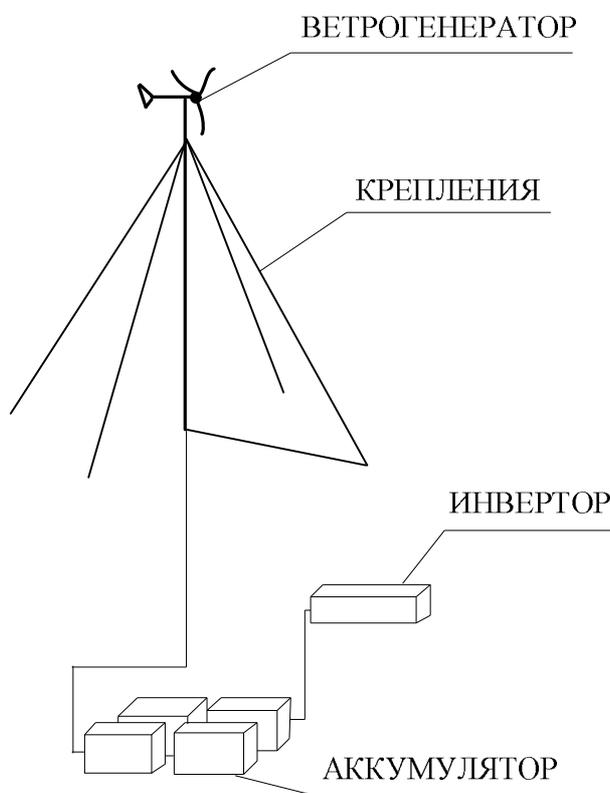
**Рис. 1. Основные компоненты ВЭУ с горизонтальной осью вращения лопастей**

Для дома, работы водяных насосов или сельского хозяйства, идеально подходят автономные ветростанции. Особенно, если объект, нуждающийся в электричестве, находится в удалении от высоковольтных линий. Мощность ветроустановок, используемых для частного хозяйства, варьируется от нескольких ватт до нескольких тысяч ватт, и они могут использоваться в экономном режиме в зависимости от количества потребляемой энергии. Для установки малых ветряков необходимо лишь получить некоторые данные относительно среднегодовой скорости ветра на данной местности [2].

Такие установки уже сегодня конкурентоспособны с дизелями, работающими на привозимом топливе. Однако в некоторых случаях непостоянство скорости ветра заставляет либо устанавливать параллельно с ВЭУ аккумуляторную батарею для предотвращения перегрузки, либо резервировать ее установкой на органическом топливе.

Автономная ветроэнергетическая установка (рисунок 2) конструктивно состоит из ветроголовки, установленной на мачте, зарядно-

го устройства, аккумуляторной станции, инвертора (преобразователя тока). Ветроэлектростанции могут использоваться как самостоятельно, так и в составе смешанных систем: ветро-солнечных или ветро-дизельных.



**Рис. 2. Составные части автономной ВЭУ**

Использование малых ветряков часто имеет ряд социально-экономических преимуществ перед использованием дизельных генераторов или расширением существующей энергосистемы. Ветросистема меньше по размеру, она представляет собой единый модуль и необходимо меньше времени на ее установку, чем на работы по расширению существующей энергосистемы. Во многих странах продление высоковольтной линии передач на расстояние в 1 км будет стоить дороже, чем малая ветроэлектроустановка ВЭУ небольшой установленной мощности. С другой стороны, по сравнению с дизельными генераторами первоначальная стоимость ветряка выше, но с точки зрения пользователей они намного лучше в работе [4].

Как уже было сказано ранее, ветроэнергетика является экономически выгодной альтернативой дизельным генераторам для жителей

отдаленных от электросети областей. Малые ветряки в основном используются сельскими жителями для: подъема воды, ирригационных целей, телекоммуникационных объектов, зарядки аккумуляторов [2].

Энергия ветра всегда широко использовалась человечеством для подъема воды. В настоящее время в мире установлено более 100 тысяч насосов, работающих за счет энергии ветра. Большинство из них расположены в неэлектрифицированных сельскохозяйственных районах. В первую очередь они используются для обеспечения питьевой водой, а также в хозяйственных целях. Такие насосы используются и жителями развивающихся стран.

Ветроустановка не может обеспечивать объект 100 % необходимой электроэнергией, поэтому она, как правило, используется в комплексе с другими источниками энергии, характерными для каждого отдельного случая, т.е. для обеспечения хозяйственной и питьевой водой, для ирригационных или дренажных целей, возможно, необходимо установить различную комбинацию насосных систем, а также емкость для хранения воды [2]. Выбор правильной комбинации насосов зависит от физических, социально-экономических и культурно-бытовых условий, характерных для данного района.

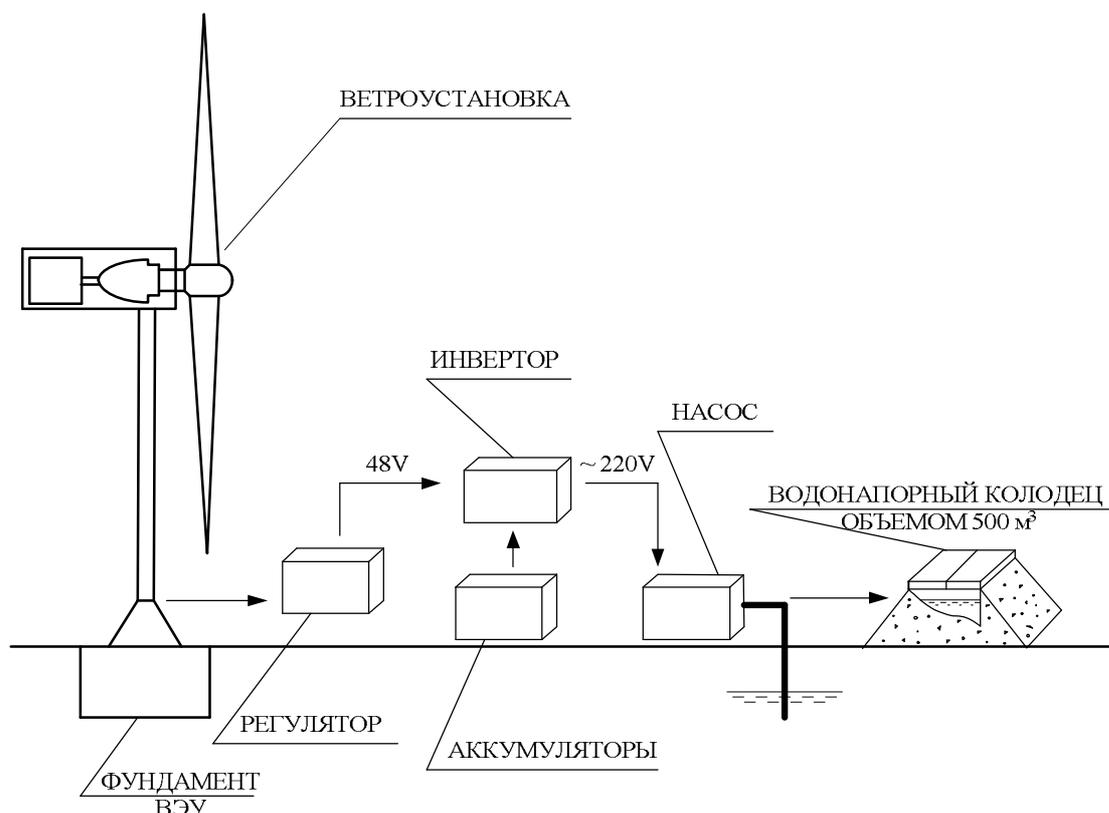
В данной статье будет рассматриваться использование ветроустановки для подъема воды и ее подачи в водонапорный колодец.

Предположим, что рассматриваемая установка располагается в местности, ветровой потенциал в течение года достаточен для выработки нужного количества энергии, т.е. ветряк может использоваться в комбинации с ручным насосом. Иногда можно использовать насосы, работающие за счет энергии солнца, либо с применением зарядного устройства для ветроустановки в качестве фотоэлектрических батарей.

Такая комбинация подходит для подъема воды в количестве до  $10 \text{ м}^3$  ежедневно. В качестве емкости для хранения воды применяется водонапорный колодец с объемом резервуара  $500 \text{ м}^3$  (рисунок 3).

Принцип работы такой ветроустановки заключается в следующем: турбулентные потоки ветра задерживаются лопастями, освободившаяся энергия поступает в регулятор, откуда выходит постоянный ток 48 В. Коэффициент полезного действия колеблется от 0,1 до 0,3, то есть на регулятор поступает энергия ветра в количестве от 10 % до 30 % от общего потенциала. В некоторых случаях при сильном ветре

КПД может достигать 0,48. Затем инвертор преобразовывает постоянный ток в переменный, который приводит в действие насос. Затем откачиваемая вода поступает в резервуар, откуда забирается на хозяйственные или другие нужды. Аккумулятор обеспечивает подачу резервного запаса электричества в случае безветренной погоды.



**Рис. 3. Принцип подачи электроэнергии в водонапорный колодец емкостью 500 м<sup>3</sup>**

Хотя по сравнению с дизельными генераторами первоначальная стоимость ветряка выше, но, с точки зрения пользователей, они намного лучше в работе.

Для нашей страны ветроэнергетика весьма актуальна по той простой причине, что существует огромное количество сел и деревень без централизованного электроснабжения. Однако важно понимать, что сама по себе ветроустановка не решает проблемы электроснабжения в целом. Вообще, если говорить о перспективах ветроэнергетики, то для эффективной работы ее лучше использовать в комплексе с другими ВИЭ [1].

Некоторые агентства с благотворительной целью поставляют дизельные генераторы в страны третьего мира бесплатно, но затраты,

связанные с их эксплуатацией (топливо, обслуживание, ремонт, запчасти), ложатся на плечи местного населения. Естественно, что для решения этих проблем необходимы денежные вложения. Многим странам приходится импортировать ископаемое топливо, и потребность в дизельном топливе увеличивает нагрузку на импорт. В подобных случаях малые ветряки могли бы быть лучшей альтернативой, но и ВЭУ требуют дорогих комплектующих, запчастей и ремонта [2, 4].

Стоимость 1 кВт установленной мощности ВЭУ ~ 1000 \$ (для сравнения в 80-е годы это было ~ 4000 \$). Стоимость 1 кВт\*ч электроэнергии, выработанной установкой, составляет ~0,10 \$ (для сравнения в те же 80-е это было ~ 0,40 \$) [1]. Учитывая дороговизну как самой установки, так и выработанной с ее помощью электроэнергии, можно сделать вывод, что без поддержки государства ветроэнергетика в современном ее состоянии обречена на коммерческий провал.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Николаев В. Г. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты проекта TACIS / В. Г. Николаев, С. В. Ганага, Р. Вальтер. – Изд-во «Атмограф». – Москва, 2009. – 455 с.

2 <http://teplonasos.com/>.

3 <http://Wikipedia.org/wiki.ru>.

4 Абдрахманов Р. С. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Р. С. Абдрахманов, Ю. П. Переведенцев. – Казань, 1992. – 131 с.

Научное издание

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Сборник статей по материалам круглого стола и  
научно-практических конференций

Выпуск 44

Корректор Д. Ф. Сабова.

Компьютерная верстка, макет Е. А. Бабичевой.

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 14,25. Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_\_.

Издательство ООО «Геликон»

Типография ЮРГТУ (НПИ)

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

Тел., факс (8635) 25-53-03. E-mail: [typography@novoch.ru](mailto:typography@novoch.ru).