

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Сборник статей

Выпуск 40

Часть I

Новочеркасск 2008

УДК 631.587

ББК 41.9

П 78

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.И. Ольгаренко – заведующий кафедрой эксплуатации ГМС 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

**Пути повышения эффективности орошаемого земледелия:** сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ» / Под ред. В.Н. Щедрина. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2008. – Вып. 40. – Ч. I. – 137 с.

Сборник статей подготовлен ФГНУ «РосНИИПМ» по материалам круглого стола «Гидромелиоративные системы нового поколения» (16-17 октября 2008 г.).

Выпуск 40

Часть I

УДК 631.587

ББК 41.9

ISBN 5-93542-020-1

© ФГНУ «РосНИИПМ», 2008

© Оформление.

ФГНУ «РосНИИПМ», 2008

## СОДЕРЖАНИЕ

Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М. Мелиорируемые земли – основное звено стабилизации сельхозпроизводства .....	5
Ильинская И.Н., Шкодина О.П., Сиверинова И.В. Проблемы водопользования на орошаемых землях Юга России .....	7
Колганов А.В., Косиченко Ю.М., Сенчуков Г.А., Чураев А.А., Капустян А.С. Состояние и перспективы использования местного стока в сельском хозяйстве .....	13
Погоров Т.А. Состояние средств механизации для ведения профилактических работ и текущих ремонтов на объектах оросительных систем .....	20
Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Колганов А.В., Шкуланов Е.И., Шепелев А.Е. Экономический механизм и сущность страхования гидротехнических сооружений .....	26
Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Колганов А.В., Шкуланов Е.И., Лобанов Г.Л., Кореновский А.М. Особенности обследования и составления деклараций безопасности ГТС мелиоративного назначения .....	33
Васильев С.М., Андреева Т.П., Акопян А.В., Бакоев С.Ю. Анализ гидромодуля при расчете основных параметров оросительной сети с циклическим орошением .....	40
Булгакова И.В. Оценка стоимости восстановления каналов открытой оросительной сети .....	45
Штанько А.С. Реконструкция внутрихозяйственной оросительной сети с использованием мобильного оросительного оборудования .....	49
Лозовой В.Н., Васильченко А.П. Организация эксплуатации рыбозащитных сооружений и устройств .....	55
Лозовой В.Н. Проблемы и перспективы очистки и обеззараживания воды для питьевых целей в современных условиях .....	60
Косиченко Ю.М., Чернов М.А. Критерии оценки эффективности и надежности противofильтрационных облицовок оросительных каналов .....	64
Кореновский А.М. Вопросы прогнозирования активизации негативных физико-геологических процессов на стадии проектирования гидротехнических сооружений IV класса .....	70

Чернова Д.А. О выборе критериальных показателей оценки технического состояния и безопасности грунтовых плотин .....	76
Иовчу Ю.И. Оценка прогнозного срока службы канала .....	83
Ермак Д.В., Сенчукова Е.А. Результаты обследований технического состояния прудов и малых водохранилищ Ростовской области .....	90
Воеводина Л.А., Воеводин О.В. Приемы предотвращения засорения систем капельного орошения при их эксплуатации.....	96
Миронов В.И., Литвинова Н.В., Грищенко В.В., Миронов А.В. Пути повышения и оценка эффективности работы дренажных коллекторов зоны орошения .....	100
Миронов В.И., Литвинова Н.В., Миронов А.В. Критерии оценки эффективности работы дренажных коллекторов зоны орошения.....	105
Погоров Т.А. Теоретические исследования и оценка мощности новой конструкции винтового режущего аппарата для окашивания каналов оросительных систем .....	107
Погоров Т.А., Федирко А.В. Влияние растительности и высоты ее среза на эффективность пропускной способности мелиоративных каналов ЮФО .....	111
Васильев С.М., Митяева Л.А., Щедрин М.А. Способ расчета и прогнозирования эрозионных процессов на орошаемых черноземах .....	117
Балакай Н.И. Вопросы усовершенствования методологии определения ущерба от поступления загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты.....	123
Ольгаренко И.В. Прогноз и оперативное управление водопользованием при дефиците естественного увлажнения .....	126
Ильинская И.Н., Каратабан А.М. Влияние агроклиматических показателей территории на продуктивность растениеводства в Республике Адыгея .....	131

## **МЕЛИОРИРУЕМЫЕ ЗЕМЛИ – ОСНОВНОЕ ЗВЕНО СТАБИЛИЗАЦИИ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА**

В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, С.М. Васильев

ФГНУ «РосНИИПМ»

Последнее десятилетие в сельском хозяйстве и обслуживающих его отраслях происходит ежегодный спад производства, старение и разрушение созданного ранее производственного потенциала, что приводит к уменьшению валового производства сельскохозяйственной продукции, и как следствие, – значительная часть потребляемого продовольствия в РФ покрывается за счет импорта. Доля импорта в объеме продовольственных ресурсов России достигает 25-30 %, и тем самым превышает предельно допустимый уровень 20 %, обеспечивающий, по оценкам ООН в области сельского хозяйства и продовольствия (ФАО), продовольственную независимость государства. Актуальность обозначенной выше проблемы возрастает с ростом жизненного уровня в крупнейших и густонаселенных странах Азии – Индии и Китае, которые, увеличивая закупки продовольствия, способствуют росту мировых цен на этот вид товара.

В то же время мировой опыт говорит о том, что именно мелиорированные земли являются основным звеном стабилизации сельхозпроизводства. Мировая площадь орошаемых земель 270 млн га, из них в Индии – 21 %; в КНР – 17,7 %; в США – 9,3 %, а на долю России приходится 1,6 %. Площадь осушенных земель в мире составляет – 200 млн га, из них в США находится 30 %; КНР – 3,4; Индии – 31 %; России – 2,4 %. В настоящее время в мелиоративно-водохозяйственный комплекс России входит 9,1 млн га мелиорированных площадей, в том числе 4,3389 млн га орошаемых и 4,7701 млн га осушаемых земель с балансовой стоимостью мелиоративных систем всех форм собственности 307 млрд рублей. Эти земли занимают 7,5 % от площади пашни. На сегодняшний день эффективно используется лишь 1,5 млн га мелиорируемых земель. А ведь большая часть территории России характеризуется неблагоприятными климатическими условиями. Например, доля территории США, где выпадает менее 400 мм осадков в год составляет менее 2 %, а в России – 40 %, доля

сельхозугодий с обеспеченностью осадками 700 мм и более в США 60 %, а в России всего 11 %.

Новые экономические отношения изменили конъюнктуру рынка, что повлекло за собой изменение структуры посевных площадей на орошаемых землях, и не в лучшую сторону. Анализ показывает, что к настоящему времени уменьшились посевы кормовых культур с 56 до 25 %, и в первую очередь за счет многолетних трав, играющих важную роль в сохранении плодородия почвы, но и увеличились площади технических культур с 5 до 16 % за счет подсолнечника, и зерновых с 32 до 59,1 %, в основном за счет озимой пшеницы. Уменьшились посевы овощных культур, хотя их процент в общей структуре посевных площадей остался прежним – 5 %.

Рост объемов производимой мясомолочной продукции потребует увеличения объемов кормов, а по данным Минсельхоза России, за последние 5 лет происходит снижение производства грубых и сочных кормов с 22,5 млн т к.е. в 2003 г. до 17,8 млн т к.е. в 2006 г., при этом на 1 т животноводческой продукции необходим расход кормов по мясу в среднем 10,2 тыс. к.е., а по молоку – 1,2 тыс. к.е.

Для удовлетворения потребностей в производстве мяса и молока в 2006 году было произведено в общей сложности 114,14 млн к.е., включая грубые и сочные корма, а для обеспечения продовольственной независимости по важнейшим видам животноводческой продукции требуется 194,57 млн к.е. Недостача при этом составит 80,4 млн к.е. или 41 %.

Восполнение недостатка кормов возможно за счет расширения кормовой базы на мелиоративных системах при условии частичной реконструкции и эффективного использования 4,574 млн га (этап 1) и полной реконструкции и модернизации 3,01 млн га (этап 2). После выполнения данных мероприятий проектная урожайность орошаемого гектара должна составить 12 тыс. к.е., а осушаемого 10 тыс. к.е. После выполнения работ по первому этапу на орошаемых землях, при 80 % кормовых культур в структуре восстанавливаемых площадей, можно будет получить 19,321 млн к.е., а с осушаемых – 20,5 млн к.е. После завершения мероприятий по 2-му этапу и восстановления 3,01 млн га мелиорируемых земель, с орошаемых площадей еще можно получить 17,9 млн к.е., а с осушаемых – 9,16 млн к.е.

Проанализируем обеспечение потребности по грубым, сочным кормам и зерну при восстановлении и модернизации отмеченных ранее 7,57 млн га мелиорируемых земель. При восстановлении эффективного производства кормов на площади 4,57 млн га производство кормов достигнет 79 %, а при реконструкции и модернизации остальных 3,01 млн га будет производиться 181 млн к.е. Если восстановить мелиоративные площади на уровне 1990 г. (на орошении 6,16 млн га, а на осушении 5,11 млн га), то потребность в кормах будет удовлетворяться на 109,8 %. Иными словами, восстановление мелиорируемых земель на уровне 1990 г. позволит РФ импортировать животноводческую продукцию на мировой рынок, а не производить ее закупки, поддерживая зарубежного фермера. К тому же в странах ВТО существует отлаженная система государственной поддержки сельского хозяйства. Так, на 1 га сельхозугодий в США господдержка составляет 85 доллара, у нас всего 9,5 доллара. Поэтому у нас есть все основания для восстановления и расширения в срочном порядке потребных для производства кормов мелиорированных площадей.

#### **Выводы и предложения:**

1. Восстановление мелиорируемых земель на уровне 1990 г. позволит осуществлять интенсивный импорт экологически безопасных мясомолочных продуктов на мировой рынок, заполненный товарами на основе генномодифицированного сырья. Это составит весьма серьезную конкуренцию зарубежным сельхозтоваропроизводителям.

2. Эффективное использование мелиорируемых земель позволит, наряду с увеличением и устойчивым производством с.-х. продукции, создать постоянную налогооблагаемую базу в сельской местности, увеличить поступление налогов, создать рабочие места, решить многие социальные проблемы села.

УДК 631.672:001.2

### **ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА РОССИИ**

И.Н. Ильинская, О.П. Шкодина, И.В. Сиверинова  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Согласно данным водного кадастра, около 15 % безвозвратного потребления пресной воды, расходуемой в стране, приходится на

орошение, что связано с обеспечением населения продуктами питания. В то же время нарастающий дефицит воды для орошения и грядущее введение платы за воду требует постоянного совершенствования водопользования посредством строгого нормирования.

Орошение земель нередко сопровождается негативными процессами, вызванными низкими коэффициентами полезного действия каналов, потерями на испарение и фильтрацию, превышением допустимых сбросов воды, что приводит к подъему грунтовых вод, подтоплению, заболачиванию и, в конечном итоге, к снижению продуктивности земель и к общему ухудшению экологической ситуации на орошаемых землях.

Рассмотрим изменение фактических показателей водопользования на примере орошаемых земель Ростовской области за 2000-2006 гг. Рассматриваемый период включал средние (2000, 2005, 2006 гг.), среднесухие (2001, 2002 гг.) и средневлажные годы (2003 и 2004 гг.) [1].

Фактическое водопотребление в сухие годы составило 1304,5-1650,4 млн м<sup>3</sup>, во влажные оно закономерно снизилось почти втрое, то есть до 504,3-591,5 млн м<sup>3</sup>. В то же время фактическая оросительная норма брутто (по отчетным данным) колебалась в пределах 4070-5100 м<sup>3</sup>/га. Величина же фактической поливной нормы вообще не зависела от степени влагообеспеченности, составляя 1325-1990 м<sup>3</sup>/га (табл. 1).

Доля потерь на испарение, фильтрацию и по длине изменялась от 46,7 в 2001 году до 1,16 в 2003 году, возрастая со снижением степени влагообеспеченности года. КПД стабильно составлял 0,70-0,74. При этом за период с 2000 по 2006 гг. площади политых земель снизились на 17-20 тыс. га, в то же время доля неполитых земель снизилась соответственно темпам снижения поливных площадей.

Значительное сокращение площадей фактического орошения земель за эти годы не привело к ожидаемому снижению уровня грунтовых вод и не замедлило ухудшения мелиоративного состояния орошаемых массивов.

Одной из главных причин этой ситуации является плачевное состояние магистральной, межхозяйственной, коллекторно-дренажной сети. По мнению специалистов, доля потерь из указанных каналов



Таблица 1

**Фактическое водопользование на орошаемых землях управлений оросительных систем  
Ростовской области за 2000-2006 гг.**

Показатель	Год							Среднее
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Обеспеченность по ДВБ, %	54,0	78,0	77,0	26,6	20,8	50,8	43,6	48,2
Фактическое водопотребление на орошение, млн м <sup>3</sup>	1268,2	1304,5	1650,4	591,5	504,3	1059,5	1101,0	1068,5
Потери на испарение, фильтрацию и длину, млн м <sup>3</sup>	609,7	578,1	655,1	623,0	492,8	488,4	510,6	565,4
Вынужденный сброс воды, млн м <sup>3</sup>	29,8	31,4	52,2	62,8	58,6	47,1	39,3	45,9
Доля потерь и сбросов воды, в фактическом водопотреблении, %	50,4	46,7	42,9	1,16	1,09	50,5	49,9	57,2
КПД магистральных каналов и межхозяйственной сети	0,72	0,72	0,70	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73
Расчетный суммарный сток, мм	272	277	407	139	114	235	329	253
Полиито физической площади, тыс. га	190,7	181,8	177,7	180,7	172,3	170,8	173,3	178,2
Не полиито земель, тыс. га	94,9	100,7	98,7	92,0	86,1	79,9	63,6	88
Доля неполитых земель, %	52,5	55,4	55,5	51,0	50,0	46,8	36,7	49,7
Фактическая оросительная норма брутто, м <sup>3</sup> / га	4540	4510	5000	4907	4070	4370	5100	4642
Фактическая полиивная норма, м <sup>3</sup> / га	1700	1730	1990	1325	1490	1590	1840	1666

достигает 50 % и более в общем балансе фильтрационных потерь при орошении.

Это свидетельствует о необходимости особого внимания к реконструкции магистральных каналов, межхозяйственных распределителей и коллекторно-дренажной сети.

В результате исследований по водопотреблению ведущих сельскохозяйственных культур, проведенных Российским НИИ проблем мелиорации на юге России за последние 25 лет, установлено, что разница между нормативным и фактическим водопотреблением на орошение достигает 15-60 %. Это следует из анализа коэффициента обеспеченности оросительной водой, который характеризует отношение фактического и нормативного водопотребления и варьирует в различные годы по влагообеспеченности от 0,79 в сухой год до 2,2 во влажный (табл. 2) [2].

Несоответствие биологическим потребностям растений и сложившимся погодным условиям наглядно видно по величине фактической оросительной нормы, которая совершенно не зависела от указанных факторов.

В то же время расчетная оросительная норма, имеющая в своей основе биоклиматические коэффициенты и скорректированная по условиям тепловлагообеспеченности года, изменялась под влиянием данных факторов от 237-277 мм во влажный год до 700,8 мм в сухой, что вполне закономерно. Расчетный суммарный сток находится в допустимых пределах в соответствии с элементами водного баланса и составляет в среднем 253 мм, варьируя от 114 мм во влажный год до 407 мм в сухой. В то же время он превысил среднее значение за 1990-1999 гг. почти вдвое при общем снижении фактической оросительной нормы на 19 % [3].

Средняя продуктивность орошаемых земель при этом заметно стабилизировалась на уровне 2,42 т к.е. с гектара орошаемых земель, а расход оросительной воды незначительно снизился по сравнению с предыдущим десятилетием, что, вероятно, обусловлено экономической ситуацией.

Все вышеизложенное диктует необходимость поиска новых путей совершенствования и повышения эффективности использования водных ресурсов, важным средством которой является нормирование

Таблица 2

**Фактические и расчетные показатели водопользования на орошаемых землях управлений ОС  
Ростовской области за 1990-2006 гг.**

Показатели	Год							Среднее за 2000-2006 гг.	Среднее за 1990-1999 гг.
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006		
Обеспеченность по ДВБ, %	54,0	78,0	77,0	26,6	20,8	50,8	43,6	48,2	42,4
Нормативная водопотребность, млн м <sup>3</sup>	1268,2	1304,5	1650,4	591,5	504,3	1059,5	1101,0	1068,5	1258,5
Фактическое водопотребление на орошение, млн м <sup>3</sup>	1522,3	1294,1	1304,4	1315,0	1017,4	1132,3	1406,2	1284,5	1098,6
Коэффициент обеспеченности оросительной водой	1,20	0,99	0,79	2,22	2,02	1,07	1,28	1,20	0,87
Площадь орошения, тыс. га	236,3	235,6	235,5	213,0	212,8	238,9	194,9	223,9	311,0
Расчетная оросительная норма брутто, мм	536,7	553,7	700,8	277,7	237,0	443,5	564,9	477,2	401,8
Расчетный суммарный сток, мм	272	277	407	139	114	235	329	253	144,6
Фактическая подача воды на орошение брутто, мм	644,2	549,3	553,9	617,4	478,1	474,0	721,5	573,7	659,3
Фактическая оросительная норма брутто по отчету, мм	454,0	451,0	500,0	490,7	407,0	437,0	510,0	464,2	530,5
Продуктивность орошаемых земель, т к.е. с 1 га	2,43	2,41	2,56	2,01	2,69	-	-	2,42	2,55
Расход оросительной воды на 1 т к.е., мм	265	228	216	307	177	-	-	238,4	254,3

водопотребности и водопользования в целом. В орошаемом земледелии, где нормированное водопользование обеспечивает экономный расход воды и необходимый уровень урожайности, оно играет особенно важную роль.

Экономия оросительной воды может и должна достигаться за счет автоматизации водораспределения, организации водоучета, оптимизации режимов орошения, повторного использования сбросных и коллекторно-дренажных вод, ежегодного анализа и контроля использования воды.

Основные направления экономии воды и повышения эффективности ее использования в орошаемом земледелии состоят в следующем:

- снижение непроизводительных затрат воды и ее потерь при транспортировке от источника орошения и на поле;
- снижение количества сбросных вод, вызванных организационно-техническими причинами;
- реконструкция технически устаревших оросительных систем с низким коэффициентом полезного действия;
- планировка полей и снижение фильтрационных потерь;
- разработка и внедрение совершенной техники полива;
- использование наукоемких технологий орошения сельскохозяйственных культур;
- применение экологически обоснованных режимов орошения и способов полива.

К мероприятиям, способствующим повышению эффективности водопользования в орошаемом земледелии на основе нормирования, относятся:

- организация сети опорных пунктов водонормирования;
- ежегодный анализ водопользования в орошаемом земледелии в разрезе административных единиц и оросительных систем;
- регулярный контроль за соблюдением норм водопользования в практике;
- формирование нормативно-технической базы мелиоративного комплекса, согласованной с системой международных норм и стандартов.

Все указанные мероприятия должны проводиться в соответствии с рекомендациями региональных научных учреждений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Годовые отчеты ФГУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» за 1990-2006 гг.

2. Методические указания по созданию системы норм водопотребности и водоотведения в орошаемом земледелии. – Минск: ЦНИИКИВР, 1984. – 129 с.

3. Ильинская, И.Н. Оценка эффективности водопользования в орошаемом земледелии Ростовской области / И.Н. Ильинская // Материалы науч. секц. «Эксплуатация гидромелиоративных систем» отд. земледелия, мелиорации и лесного хоз-ва: «Актуальные проблемы эколого-ландшафтного подхода к мелиорации земель». – Новочеркасск: НГМА, 2002. – С. 69-73.

УДК 556.55.004.14: 631«313»

### **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО СТОКА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

А.В. Колганов, Ю.М. Косиченко, Г.А. Сенчуков,

А.А. Чураев, А.С. Капустян

ФГНУ «РосНИИПМ»

Широкие резервы хозяйственного использования вод местного стока в жизнедеятельности сельского населения определили необходимость его задержания и аккумуляции путем строительства искусственных водоемов (пруды, малые водохранилища) на степных реках, оврагах и балках.

Интенсивное строительство малых водохранилищ и прудов на юге России в Саратовской, Оренбургской, Волгоградской, Ростовской, Астраханской, Курганской областях; Краснодарском и Ставропольском крае началось в 1950-1960 годах прошлого столетия.

За двадцатилетний период было построено большое количество малых водохранилищ и прудов сельскохозяйственного и рыбохозяйственного назначения.

В настоящее время фонд мелиоративных водоемов в Российской Федерации насчитывает более 2200 водохранилищ объемом более 1 млн м<sup>3</sup>, в том числе объемом более 10,0 млн м<sup>3</sup> – 327 объектов (табл. 1). При этом большинство водоемов входит в разряд малых, с объемом от 1 до 10 млн м<sup>3</sup>, общая доля которых составляет 85 %.

Таблица 1

### Распределение искусственных водоемов на территории Российской Федерации

Категория водоема	Полный объем при НПУ	Площадь водной поверхности при НПУ, км <sup>2</sup>	Общее число водоемов, шт.	На европейской территории			На азиатской территории		
				число водоемов, шт.	суммарная площадь зеркала, тыс. км <sup>2</sup>	суммарный объем при НПУ, км <sup>3</sup>	число водоемов, шт.	суммарная площадь зеркала, тыс. км <sup>2</sup>	суммарный объем при НПУ, км <sup>3</sup>
Крупное водохранилище	более 1 км <sup>3</sup>	более 100	41	31	38,3	280	10	18,5	482
Среднее и небольшое водохранилище	0,01-1 км <sup>3</sup>	10-100	286	211	5,1	20	75	1,2	6
Малое водохранилище	1-10 млн м <sup>3</sup>	1-10	1897	1565	1,5	4	332	0,4	1
Пруд	менее 1 млн м <sup>3</sup>	менее 1	27800	22240*	1,8*	6,7*	5560*	0,5*	1,7*

\* Ориентировочные данные.

Таблица 2

### Средние морфологические характеристики прудов объемом менее 500 тыс. м<sup>3</sup>

Зона, регион	Число водоемов, шт.	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Объем водоема, тыс. м <sup>3</sup>	Площадь зеркала, га	Средняя глубина, м	Удельный водосбор	Слой аккумуляции, мм
Лесостепная в т.ч. Русская равнина, Западная Сибирь	94	11,4	138	7,3	1,9	156	12,1
	78	11,9	151	7,6	2,0	156	12,7
	16	8,5	77	5,2	1,5	164	9,0
Степная в т.ч. Русская равнина, Западная Сибирь	239	18,0	92	4,9	1,9	366	5,1
	173	15,4	96	4,9	2,0	314	6,2
	66	24,9	80	5,2	1,6	482	3,2
Горные области Урала и Предкавказья	53	8,1	101	5,8	1,7	140	12,4

К категории прудов относятся искусственные водоемы небольших размеров с объемом менее 1 млн м<sup>3</sup> и площадью водной поверхности менее 1 км<sup>2</sup>. Таких водоемов на территории России насчитывается 27,8 тысячи, которые и составляют значительную часть водного фонда. По суммарной площади зеркала и суммарному объему они сопоставимы с аналогичными данными малых водохранилищ

В соответствии с принятой классификацией пруды мелиоративного назначения подразделяются на малые – объемом от 10 до 100 тыс. м<sup>3</sup> (73 %), средние – объемом от 100 до 1000 тыс. м<sup>3</sup> (25 %) и крупные – объемом 1-15 млн м<sup>3</sup> (3 %). Средние морфологические характеристики прудов объемом менее 500 тыс. м<sup>3</sup> представлены в табл. 2.

Наиболее густая сеть прудов и водохранилищ мелиоративного назначения представлена в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском, Поволжском, южных областях Центрального, Волго-Вятского, Уральского экономических районов (до 30 водоемов на 1 млн га). В некоторых, особенно в южных районах, пруды имеются практически в каждом населенном пункте. Например, в Краснодарском крае в 1977 сельских населенных пунктах насчитывается 1500 прудов, а в Ростовской области на 2274 сельских населенных пункта приходится 2600 прудов. На Урале и Сибири число прудов значительно меньше: например, в Челябинской области 120, в Курганской области – 19.

Общее число прудов некоторых регионов ЮФО, их суммарный объем и площадь водного зеркала составляют соответственно: в Ростовской области – 2600 прудов, 0,380 млрд м<sup>3</sup> и 135 км<sup>2</sup>; в Краснодарском крае – 1500 прудов, 0,711 млрд м<sup>3</sup> и 530 км<sup>2</sup>; в Ставропольском крае – 645 прудов, 0,140 млрд м<sup>3</sup> и 62 км<sup>2</sup>. Общая площадь, занятая прудами, составляет 72,7 тыс. га, а суммарный объем – 1,171 млрд м<sup>3</sup>.

Средняя густота размещения прудов, рассчитанная на 100 км<sup>2</sup> территории бассейнов малых рек, составляет в Ростовской области 2,3, в Ставропольском крае – 0,6, в Краснодарском крае – 1,4. В бассейнах некоторых малых рек она изменяется в широких пределах: р. Калитва – от 4 до 10, рек Калаус, Кума, Сал – от 6 до 38, в верховьях рек Ея, Челбас – от 10 до 15. В Краснодарском крае большая часть прудов сосредоточена севернее р. Кубани – в бассейнах рек Ея, Егорлыка, а в Ставропольском крае – в бассейнах рек Кумы и Калауса. В южной части ЮФО география прудов связана с продолжительно-

стью стока в течение года, на реках, где сток наблюдается круглогодично, прудов нет.

Современное состояние прудов и малых водохранилищ характеризуется следующими показателями: до 70 % от общего их числа создавались хозяйственным способом и не имеет технической документации; около 10 % не имеет собственника и эксплуатирующей организации и поэтому относится к категории бесхозных; 25 % сооружений подпорного фронта находятся в аварийном состоянии; 40 % водоемов эксплуатируются более 35 лет, а срок службы для данного типа сооружений составляет 40-50 лет. Отсутствие ухаживающих работ приводит к тому, что в результате заиления пруды ежегодно теряют от 2 до 8 % своей емкости. Объем наносов зависит от многих факторов, главным из которых является площадь водосбора пруда, его распаханность, залесенность береговой зоны, и в среднем составляет 100-200 м<sup>3</sup> в год в малых прудах и 1000-2000 м<sup>3</sup> – в крупных. Отложения наносов распределяются по дну от верховья к плотине с некоторым равномерным увеличением толщины слоя, уменьшением размеров частиц ила и увеличением доли органических веществ. Таким образом, пруды осветляют поверхностные стоковые воды и аккумулируют плодородный слой смывтой почвы. Эти процессы характерны для всех прудов, поэтому в перспективе следует смелее решать проблему очистки прудов от наносов землесосными установками и использовать прудовые илы в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Продолжительность эксплуатации большинства прудов составляет более 30-40 лет.

Для прудов, расположенных на реках, их влияние на естественный сток рек сводится к задержанию части их стока, которая идет на наполнение прудов и приводит к снижению максимальных расходов стока реки. Объем зарегулированного стока увеличивается в связи с ростом числа прудов и их размеров. Относительная емкость прудов в процентах к местному стоку составляет в среднем 10 %, а для отдельных бассейнов малых рек изменяется от 1 до 107 %.

Большое значение на безопасность эксплуатации прудов и малых водохранилищ оказывает техническое состояние гидротехнических сооружений. Из-за ненадежных конструкций гидротехнических сооружений возможны аварии на гидроузлах, наносящие ущерб населению и хозяйству. Так, в период весеннего половодья 1994 г. на Дону, в результате неудовлетворительного состояния сбросных и регу-



лирующих сооружений прудов и водохранилищ полностью или частично было разрушено более 220 плотин, повреждено 120 мостов, размывто 172 км автодорог, затоплено 4790 жилых помещений, десятки животноводческих ферм, производственных объектов, более 104 тыс. га сельскохозяйственных угодий, разрушено более 258 км оросительной сети.

К основным причинам аварий земляных плотин малых искусственных водоемов относятся: перелив воды через гребень плотины, усиленная фильтрация воды через тело и основание плотины, оползание откосов и отсутствие ухода за плотинами. Перелив воды через гребень плотины вызывается следующими факторами: недостаточная пропускная способность водосбросов, катастрофические расходы, превышающие расчетные; несвоевременное открытие затворов, неисправность водосбросов. Усиленная фильтрация через грунтовые плотины наблюдается при недостаточном уплотнении грунта тела плотины вследствие большой водопроницаемости основания, плохого уплотнения грунта у водосбросных сооружений, располагаемых в теле плотины. Оползанию откосов способствуют большая их крутизна с коэффициентом заложения откосов менее 2,0, недостаточное уплотнение грунта тела при послойном уплотнении, выход из строя и заиливание дренажа в теле плотины. Важным фактором, приводящим к авариям или деформациям плотин водоемов, является отсутствие службы эксплуатации и невыполнение текущего и капитального ремонта.

Значительная часть прудов и малых водохранилищ создавалась для целей орошения и сельскохозяйственного водоснабжения. Однако за последние 15 лет орошение в лесной и лесостепной зоне практически прекратилось, а сельскохозяйственное водоснабжение было переориентировано на другие источники. В связи с этим целевое назначение многих прудов и малых водохранилищ остается неопределенным. По предварительным оценкам, до 50 % построенных прудов и водохранилищ утратили свое хозяйственное значение в результате снижения потребности в водных ресурсах.

Обобщение результатов обследований прудов и малых водохранилищ, проводившихся в 2007 году в ЮФО, позволяет выделить ряд основных направлений использования данных объектов для различных целей.

Пруды и малые водохранилища в настоящее время используются для выполнения различных прямых и косвенных функций: аккумуляция и регулирование стока, орошение, водопой скота, рыбозаведение, неорганизованный отдых населения, а также противозерозионные и противопаводковые функции. Следует также отметить положительную роль водоемов в формировании природного ландшафта.

В настоящее время пруды и малые водохранилища достаточно широко используются для рекреации и неорганизованного отдыха населения. Высокая степень выполнения этой функции характерна, прежде всего, для прудов, находящихся в непосредственной близости от крупных сельских поселений и городов. Кроме того, следует выделить два типа использования прудов для отдыха населения – это рыболовство и рекреация в виде неорганизованного и организованного отдыха населения.

Более 90 % процентов прудов и водохранилищ выполняют функцию по организации путей сообщения. Гребень плотин прудовых узлов используется для устройства грунтовых дорог или с твердым асфальтовым покрытием.

Одной из дополнительных функций, выполняемых обследованными прудами, является водопой скота и разведение водоплавающей птицы, принадлежащей местному населению. Выполнение этой функции имеет ярко выраженную социальную окраску и оценить экономическую эффективность от ее выполнения довольно сложно. Однако выполнение этой функции представляется как очень важный фактор обеспечения населения мясом и молоком. В промышленных масштабах эта функция не выполняется из-за разрушения инфраструктуры животноводческих и птицеводческих ферм.

Функция использования прудов с целью орошения и сельскохозяйственного водоснабжения в настоящий момент выражена очень слабо. Имеются одиночные примеры использования водных ресурсов для капельного орошения и орошения теплиц и парников, а также подачи воды из прудов для полива и водоснабжения дачных участков.

В настоящее время ценный ресурс местного стока используется неэффективно. Значительное количество прудов и малых водохранилищ находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и представляют потенциальную опасность. Вместе с тем резервный потенциал использования прудов и малых водохранилищ для целей орошения достаточно велик.

В Центрально-Черноземной полосе (по данным доктора с.-х. наук И.П. Сухарева) резервы местного стока смогут обеспечить водой общую площадь орошения до 920 тыс. га, а по областям эта площадь распределяется следующим образом: в Белгородской 140 тыс. га; Воронежской – 220 тыс. га; Курской – 160 тыс. га; Липецкой – 140 тыс. га; Орловской – 80 тыс. га и Тамбовской – 180 тыс. га.

Расчет по укрупненным показателям для Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского краев показывает, что примерный объем полезной отдачи прудов этих регионов составит 700 млн м<sup>3</sup>, а потенциально возможная общая площадь орошения на местном стоке может составить 250-300 тыс. га.

Примерные объемы дополнительных орошаемых площадей на местном стоке в Центрально-Черноземной полосе и ЮФО, а также прогнозируемый социально-экономический эффект представлены в табл. 3. Даже по приблизительным оценкам в рассматриваемых регионах возможен прирост орошаемых площадей к 2020 году на 240 тыс. га с расчетным социально-экономическим эффектом более 3,2 млн руб.

Таблица 3

**Дополнительные объемы вводимых в оборот орошаемых площадей и расчетный социально-экономический эффект при использовании местного стока в Центрально-Черноземной полосе и ЮФО**

Показатели	Значения показателей по годам					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Дополнительно вводимые площади орошения на местном стоке, тыс. га	30	30	40	40	50	50
Срок окупаемости, лет	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Среднегодовой социально-экономический результат (по данным ВНИИГиМ), тыс. руб./га	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
Расчетный среднегодовой социально-экономический эффект, тыс. руб.	408	408	544	544	680	680

Для повышения эффективности использования местного стока необходимо предусмотреть ряд мероприятий, направленных на упорядочение эксплуатации прудов и малых водохранилищ, а также приведение их в удовлетворительное техническое состояние, основными из которых являются:

- создание единой нормативно-методической базы по диагностике и оценке технического состояния прудов и местных водохранилищ;
- инвентаризация и техническое обследование всех водоемов сельскохозяйственного назначения;
- разработка различных сценариев эффективного использования водоемов;
- восстановление работоспособности гидроузлов и плотин искусственных водоемов;
- государственное регулирование собственности водоемов и использования местного стока в сельском хозяйстве;
- организация мониторинга состояния и использования прудов и малых водохранилищ.

Результатом запланированных работ будет создание единой информационной базы технического состояния и мониторинга использования прудов и малых водохранилищ для мелиоративных целей.

Выполненный обзор и анализ технического состояния и востребованности прудов и малых водохранилищ показал, что в АПК имеются достаточные резервы водных ресурсов для расширения объемов орошаемого земледелия за счет использования местного стока.

Существующий фонд искусственных водоемов позволит с минимальными экономическими затратами пополнить объем водных ресурсов в АПК, повысить экономическую устойчивость сельскохозяйственных предприятий и улучшить социально-экологические условия проживания в сельских поселениях.

УДК 626.82.004.57: 631.3

## **СОСТОЯНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ И ТЕКУЩИХ РЕМОНТОВ НА ОБЪЕКТАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Т.А. Погоров

ФГНУ «РосНИИПМ»

Переход к новым рыночным отношениям в стране оказал негативное влияние на состояние объектов оросительных систем. В процессе реформирования сельского хозяйства перестали вести плановые профилактические работы и текущие ремонты на оросительных системах, а если проводят их, то в небольших объемах и по мере крайней

необходимости. Это связано с тем, что в период с 1991 г. на обновление технического парка и эксплуатацию мелиоративных систем выделяют не более 30 % от необходимых средств [1]. По данным [1, 2], за прошедший период с 1991 по 2005 год парк машин в мелиоративных и эксплуатационных организациях сократился на 60...80 %, а оставшаяся специальная техника почти вся с истекшим сроком эксплуатации. К 2007 году орошаемые площади ЮФО снизились до 2,1 млн га. При этом фактически поливалось менее половины орошаемых земель, причем более половины орошаемых земель систематически не поливалось более 10-15 лет. Вследствие длительного неполива значительных площадей, на этих территориях должны были, видимо, понизиться уровни грунтовых вод. Однако сравнительный анализ фактического мелиоративного состояния орошаемых площадей, проведенный в ФГНУ «РосНИИПМ», показал следующее: площади с залеганием уровня грунтовых вод менее 1,0 м с 1990 по 2007 гг. увеличились с 1,34 до 1,78 %, при  $1,0 > \text{УГВ} < 1,5$  м; – с 6,6 до 7,57 %, при  $1,5 < \text{УГВ} < 2,0$  м; – с 14,39 до 15,8 %. Несколько уменьшился процент площадей при  $2,0 < \text{УГВ} < 3,0$  м с 23,1 до 22,1 %; увеличились площади при  $3,0 > \text{УГВ} < 5,0$  м; – с 20,24 до 24,27 %. Как отмечает академик РАСХН В.Н. Щедрин, анализ имеющихся данных показывает, что хотя площади фактического орошения за последние 15 лет значительно сократились, мелиоративное состояние орошаемых массивов не улучшилось. Причиной сложившейся ситуации является ухудшение технического состояния водопроводящей магистральной и межхозяйственной сети, катализатором которого является зарастание каналов сорной растительностью и кустарником, что приводит к разрушению корневой системой русел и облицовок. Все вышеперечисленное свидетельствует об особой актуальности данной проблемы, а низкая оснащенность служб эксплуатации соответствующей техникой в значительной степени ее усугубляет. Сложившаяся ситуация усугубилась ещё и ликвидацией Министерства мелиорации и водного хозяйства как самостоятельной структуры, что привело к финансированию отрасли по остаточному принципу. Следствием этого явилась ликвидация заводов по производству мелиоративной техники, ОКБ и НИИ, материально-технических баз мелиоративных и эксплуатационных организаций.

Для более глубокого и детального изучения проблемы нами собраны статистические материалы оснащенности машинами и механизмами для ремонтно-профилактических работ, объектов оросительных систем из 19-ти региональных управлений «Мелиоводхоза» России. На основании собранных материалов произведены расчеты нормативной потребности и фактической оснащенности специальной техникой 19-ти региональных управлений «Мелиоводхоза» и в целом по России. Расчеты проводились по разработанной нами методике, порядок расчета по которой осуществляется в следующей последовательности:

1) Для каждого вида машин фактическая оснащенность (шт./1000 га орошаемой площади) находится по следующей формуле:

$$n_{\phi i} = \frac{1000n_{ni} \sum_{i=1}^i N_i}{S},$$

где  $\sum_{i=1}^i N_i$  – число машин вида  $i$ , находящихся на балансе организации, региона или страны;

$S$  – площадь орошения организации, региона или страны (тыс. га).

2) Фактическая оснащенность специальной техникой (регионального управления и в целом страны):

$$n_{\phi ij} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{ij} n_{\phi ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{ij} N_{ij}},$$

где  $\sum_{i=1, j=1}^{ij} n_{\phi ij}$  – сумма фактической оснащенности машинами вида  $i$  типоразмера  $j$ ;

$\sum_{i=1, j=1}^{ij} N_{ij}$  – число машин вида  $i$ , типоразмера  $j$ , находящихся на балансе регионального управления ОС.

3) Уровень недооснащенности находится из выражения:

$$u = \frac{n_{cp ij}}{n_{\phi ij}},$$

где  $n_{cpij}$  – средняя нормативная потребности в шт./1000 га орошаемой площади числа машин вида  $i$ , типоразмера  $j$ , находящихся на балансе регионального управления или страны.

Для подбора норматива [3] потребности в шт./1000 га той или иной специальной техники необходимо знать некоторые её технические характеристики, такие как: мощности двигателя; грузоподъемности; емкости ковша, кузова; и т.д. Данные по этим показателям брались из Интернет-сайтов [4-6].

Используя табличные данные [3] и собранные нами статистические материалы, составлены табл. 1 и 2, по которым, произведя несложные расчеты, получили достоверные данные потребности, фактического наличия и уровня недооснащенности специальной техникой по ее видам в разрезе региональных управлений и в целом по России.

Таблица 1

**Усредненные данные потребности, фактического наличия и уровня недооснащенности специальной техникой 19-ти региональных управлений и в целом по России**

Региональные управления «Мелиоводхоза» России	Единица изм. шт.	Потребность шт./1000 га	Фактическая оснащенность шт./1000 га	Уровень недооснащенности
Алтаймелиоводхоз	141	0,0348	0,0044	4,02
Астраханмелиоводхоз	148	0,0294	0,0014	20,66
Башмелиоводхоз	67	0,0876	0,0061	16,59
Бурятмелиоводхоз	63	0,0357	0,0026	8,63
Владимирмелиоводхоз	49	0,0723	0,0095	5,57
Воронежмелиоводхоз	59	0,1016	0,0046	22,89
Каббалкмелиоводхоз	48	0,0587	0,0061	5,47
Калммелиоводхоз	137	0,045	0,0056	6,74
Карачаевочеркескмелиоводхоз	37	0,074	0,0172	3,75
Ленмелиоводхоз	69	0,0593	0,0171	1,53
Минмелиоводхоз	329	0,0149	0,0009	3,15
Мордовмелиоводхоз	54	0,067	0,0064	9,083
Пензамелиоводхоз	33	0,1034	0,0051	14,46
Приммелиоводхоз	26	0,0635	0,0051	8,22
Ростовмелиоводхоз	329	0,0212	0,0014	7,67
Самарамелиоводхоз	93	0,0457	0,0022	14,42
Ставропольмелиоводхоз	493	0,0267	0,0113	10,79
Хабаровскмелиоводхоз	18	0,1794	0,0447	3,77
Челябмелиоводхоз	24	0,0918	0,0016	30,26
$\Sigma$	2217	1,212	0,1533	197,67
В целом по России	2217	0,0638	0,0081	10,4

Таблица 2

**Усредненные данные потребности, фактического наличия и  
уровня недооснащенности специальной техникой  
«Мелиоводхоза» России**

(2160,768 тыс. га)

Наименование техники	Марка	Кол-во	Потребность шт./1000 га	Фактическая оснащенность шт./1000 га	Уровень недооснащенности
Автоцистерн	ГАЗ; ЗИЛ; КАМАЗ;	54	0,03	0,0008	37,5
Автокран	6,0 т	52	0,11	0,0027	40,74
	10-16 т	67	0,15	0,0047	31,92
Автогрейдер		10	0,036	0,0002	180,0
Автоскрепер		4	0,04	0,00007	571,43
Топливозаправщик		27	0,15	0,0019	78,95
Автореммастерская		36	0,14	0,0023	60,87
Бетономеситель		6	0,04	0,0001	400,0
Буровая установка		21	0,031	0,0003	103,33
Бульдозер	До 3 т.с.	157	0,36	0,026	13,85
	6-10 т.с.	93	0,15	0,0065	23,08
Грейдер прицепной		12	0,051	0,0003	170,0
Косилка	Навесные	146	0,29	0,02	14,5
	Плавающие	3	0,03	0,00004	750,0
Земснаряд	ЗМ	11	0,038	0,0002	190,0
Каналоочиститель		30	0,04	0,0006	66,67
Компрессор	Передвижные	19	0,04	0,0004	100,0
Прицеп	Тракторные	199	0,57	0,053	10,76
Прицеп	Тяжеловоный	50	0,16	0,0037	43,24
Трактор	0,9-1,4 т.с.	406	0,30	0,056	5,36
	3-5 т.с.	47	0,28	0,006	46,67
	6-10 т.с.	66	0,39	0,012	32,5
Скрепер	3 м <sup>3</sup>	5	0,11	0,00026	423,08
	5 м <sup>3</sup>	48	0,24	0,0053	45,28
	10-15 м <sup>3</sup>	12	0,04	0,0002	200,0
Сварочный аппарат		108	0,75	0,038	19,74
Трубоукладчик	База ДТ-75	4	0,002	0,000003	666,67
	На базе Т-130	4	0,057	0,0001	570,0
Экскаватор	0,25-0,3 м <sup>3</sup>	235	0,76	0,083	9,16
	0,65 м <sup>3</sup>	75	0,122	0,004	30,5
	0,4-0,5 м <sup>3</sup>	43	0,073	0,0015	48,67
	1-1,26 м <sup>3</sup>	14	0,014	0,00009	155,56
Электростанции и передвижные	60-100 кВт	22	0,15	0,0015	100,0

Из данных табл. 1 и 2 видно, что недооснащенность специальной техникой службы технической эксплуатации оросительных сис-



тем России в целом десять раз меньше нормативной потребности, а по отдельным видам и в сотни раз.

Кроме того, региональные Управления пользуются общестроительными и сельскохозяйственными машинами (бульдозеры, одноковшовые экскаваторы, грейдеры, косилки, грабли).

Объяснить причину создавшегося положения можно только выделением крайне ограниченных финансовых ресурсов из федерального бюджета на эксплуатацию мелиоративных систем и обновление техники.

В последнее время в этом направлении делаются позитивные шаги. Разработан Федеральный регистр базовых и зональных технологий и технических средств по производству мелиоративных работ, который должен стать регламентным государственным документом [7] в первоочередном технологическом и техническом оснащении новыми специализированными и высокопроизводительными средствами механизации для ведения профилактических работ и текущих ремонтов на объектах уже существующих мелиоративных систем с целью их сохранения.

Этот регистр рекомендует большой ряд специализированных и высокопроизводительных машин по уходу за мелиоративными системами: каналочистители – МР-16, МР-21, МР-15, МР-14, МР-20, МР-19, КМ-82; сменное оборудование к экскаваторам – ЭО-2621В, ЭО-3322Д; косилки – РР-32, РР-41, К-78, КЭГ-300; агрегаты – АУГ-2, АРС-2Б, РР-11 и т.д.

Однако в этот регистр попали машины выпуска середины семидесятых годов XX века, агрегаты: АРС-2Б, АУК-2, РР-11 и ряд других. В настоящее время набор сменного оборудования, которым комплектовались эти машины, морально устарел и промышленностью не выпускается. Следовательно, для улучшения качества и увеличения объемов работ по ремонту каналов оросительной сети необходимо модернизировать эти машины или разработать новые и наладить их серийный выпуск.

Для того, чтобы переломить ситуацию в пользу эффективного использования уже имеющегося потенциала объектов оросительных систем, необходима целенаправленная долгосрочная финансовая поддержка государства в возрождении мелиоративного машиностроения.

Анализируя состояние дел, сложившееся в службах технической эксплуатации систем в настоящее время, мы считаем, что необходимо уход за объектами оросительных систем осуществлять методом раздельного потока, то есть все операции выполнять раздельно через определенные промежутки времени, по мере производственной необходимости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гулюк, Г.Г. Комплексная механизация мелиоративных работ: история и перспективы развития / Г.Г. Гулюк // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 3 – С. 56-59.

2. Кизяев, Б.М. О возрождении развития и разработки производства техники для мелиоративных работ в России / Б.М. Кизяев, З.М. Мамаев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 5. – С. 5-8.

3. Нормативы потребности в машинах для выполнения ремонтно-строительных работ на гидромелиоративных системах и нормативы годовых выработок этих машин на 1986-1990 гг. / Минводхоз СССР. – Новочеркасск, 1986. – 20 с.

4. <http://www.Profmash.ru/item/459.html>.

5. <http://www.Qortehno.ru/technies/247/>.

6. <http://www.rosb.ru/text/sm/204>.

7. Система технологий и машин для комплексной механизации мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г. // Российская академия сельскохозяйственных наук. – М.: ВНИИГиМ, 2000. – 192 с.

УДК 626.8:368

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ И СУЩНОСТЬ СТРАХОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов,  
Е.И. Шкуланов, А.Е. Шепелев

ФГНУ «РосНИИПМ»

В ходе развития производственных отношений, промышленности, торговли, финансов, а также экономико-математических методов и их применения в организации финансовой деятельности, для всех от-

раслей была разработана и принята в качестве средства защиты от возникающих потерь – система страхования. Это потребовало, во-первых, трансформации понятия потерь: все потери стали рассматриваться в ракурсе экономических затрат, стоимости, убытков, в их привязке к денежной оценке, т.е. в денежном выражении. Во-вторых, был принят во внимание тот факт, что экономические потери в большинстве случаев имеют неизбежный и невозвратный характер (их можно только перераспределять между субъектами, объектами во времени, т.е. потери одного лица перекрыть либо средствами других, либо заранее сделанными накоплениями). В-третьих, была установлена причинность, как условие включения потерь в систему страхования.

Предпосылкой возникновения страховых отношений, т.е. их причинности, является риск.

По данным статистического анализа, при оценке риска выделяются следующие его виды: риски, которые возможно застраховать; риски, которые невозможно застраховать; благоприятные и неблагоприятные риски, а также технический риск страховщика. Наибольшую группу составляют риски, которые возможно застраховать. Основные критерии страховых рисков подробно освещены в [1].

Страховые риски при эксплуатации ГТС те, которые могут быть оценены с точки зрения вероятности наступления страхового случая (аварии на ГТС), вероятностного количественного размера возможного ущерба и являются ожидаемой опасностью (априори). Страховой случай – опасность де-факто (апостериори), т.е. реализация страхового риска.

Например, для водохранилищных гидроузлов к страховым можно отнести следующие возможные аварии:

- перелив воды через гребень плотины, образование прорана и сброс объема воды, находящегося в водохранилище, в нижний бьеф, т.е. практически мгновенное опорожнение водохранилища или возникновение гидродинамической аварии. В результате аварии ниже створа плотины могут быть затоплены населенные пункты, разрушены здания, сооружения, затоплены сельскохозяйственные угодья, нанесен ущерб жизни и здоровью физическим лицам и т.д.;

- потеря фильтрационной устойчивости грунта тела плотины и ее основания;

- потеря статической устойчивости откосов тела плотины;

- потеря необходимой прочности грунта тела и основания плотины и т.д.

Каждый из этих рисков страховщиком должен быть оценен в отдельности, хотя вред, причиненный другим физическим и юридическим лицам, вызван риском аварии ГТС. Упорядочение такого рода явлений достигается типизацией страховых рисков. Таким образом, объекты страхования и риски – это некоторая данность, на основе их типизации должна осуществляться комбинация качественных признаков страховых рисков с их количественными характеристиками, что особо важно при расчете страховых сумм.

Опыт эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) показал, что гидротехнические сооружения подвержены гидродинамическим авариям, и в особенности сооружения, создающие напорный фронт. Причины аварий, как правило, носят случайный характер вследствие неподконтрольных воздействий сил природы (наводнения, бури, приток к гидротехническим сооружениям максимального стока с обеспеченностью менее расчетной и т.д.), стихийных событий технического и техногенного характера (пожары, взрывы, непредвиденные отказы в работе оборудования, случайный человеческий фактор и т.д.) и не влекут человеку какой-либо гражданской правовой ответственности. Кроме того, при проектировании гидротехнических сооружений уже заложен риск по надежности их работы в виде расчетных вероятностей отказов [2]. Из этого вытекает, что собственники ГТС (юридические и физические лица) нуждаются в защитных мерах и, в частности, в страховой защите, т.е. вытекает объективная необходимость их страхования.

По экспертным оценкам отечественных специалистов и данным МЧС, аварии на ГТС приносят большие убытки не только их собственникам (юридическим и физическим лицам), но и в большей степени другим лицам (физическим и юридическим), обществу в целом. В среднем за год, по данным МЧС, происходит: 1 федеральная, 4 региональных, 25 территориальных, 172 местных и 798 локальных аварий, и большая часть этих аварий относится к авариям, связанным с риском на гидротехнических сооружениях [1].

Для обеспечения безопасности ГТС Правительством Российской Федерации был принят закон «О безопасности гидротехнических сооружений» № 117-ФЗ от 21.07.97 г., в котором разработана государственная политика в области безопасности ГТС, разработана органи-

зация и обеспечение государственного надзора за безопасностью ГТС. Законом установлено, что финансовое обеспечение собственников ГТС гражданской ответственности за вред, причиненный другим физическим или юридическим лицам, осуществляется за счет средств собственников ГТС или в случае страхования риска гражданской ответственности за счет страховой суммы, определенной договором страхования риска гражданской ответственности (за исключением обстоятельств вследствие непреодолимой силы) [3].

В законе РФ «Об организации страхового дела в РФ» от 27.11.92 г. с изменениями от 10.12.2003 г. № 172-ФЗ такие страховые риски узаконены и относятся к страхованию гражданской ответственности организаций, эксплуатирующих опасные объекты [4].

Согласно действующему российскому законодательству, участниками страховых отношений являются: страхователи, застрахованные лица, выгодоприобретатели; страховые организации (страховщики); общества взаимного страхования; страховые агенты; страховые брокеры; страховые актуарии; федеральный орган исполнительной власти, к компетенции которого относится осуществление функции по контролю и надзору в сфере страховой деятельности (страховые дела); объединения субъектов страхового дела, в том числе саморегулируемые организации.

Для владельцев ГТС объектом страхования выступает ответственность страхователя (владельца ГТС) по закону или в силу договорного обязательства перед третьими лицами за причинение им вреда (имеется в виду вред, причиненный жизни, здоровью или имуществу третьих лиц) в результате аварии на ГТС.

Третьи лица никогда не могут быть названы в договоре страхования конкретно, поскольку нельзя сказать заранее, кому будет выплачено страховое возмещение и в каком размере. Это определяется только при наступлении страхового случая, т.е. при причинении вреда третьим лицам. Таким образом, при страховании ответственности выгодоприобретатели (третьи лица) назначаются законом – это лица, которым причинен определенный вред в результате аварии на ГТС [2].

Суть страхования гражданской ответственности владельцев ГТС, как экономической категории страховой защиты, заключается в перераспределении ущерба, который был причинен другим физическим или юридическим лицам, между многими лицами (страховате-

лями-владельцами ГТС), иными словами – в смягчении последствий наступившего ущерба путем участия в этом убытке других лиц.

Экономическая категория страхования характеризуется следующими признаками: наличием предраспределительных условий; наличием страхового риска и критерия его оценки; формированием страхового сообщества из числа страхователей и страховщиков; сочетанием индивидуальных и групповых страховых интересов; солидарной ответственностью всех страхователей за ущерб; замкнутой раскладкой ущерба; перераспределением ущерба в пространстве и во времени; возвратностью страховых показателей; самокупаемостью страховой деятельности.

В страховом риске и в защитных мерах состоит сущность экономической категории страховой защиты. Функции страхования собственников ГТС (юридических и физических лиц), как экономической категории, заключаются в следующем:

- образование страхового фонда за счет взносов юридических и физических лиц (собственников ГТС);
- использование его для возмещения ущерба, причиненного жизни, здоровью и имуществу других физических и юридических лиц от возникновения случайных (страховых) аварий на ГТС;
- предупреждение и минимизация ущерба (предупредительная);
- соответствующая организация правовых, финансовых и экономических отношений субъектов, которые проводят действия по защите своих имущественных интересов, т.е. здесь страхование характеризуется как институт гражданского права.

Страховой фонд – это экономическая необходимость. Он представляет собой обязательный компонент любого воспроизводственного процесса (на макро-, мезо- и микроуровнях экономики), выступая в качестве экономического метода компенсации ущербов (убытков). Общественная практика выработала три основные организационные формы страхового фонда, в которых субъектами выступают государство, отдельные товаропроизводители и страховые организации. Существуют государственный централизованный страховой (резервный) фонд, резервные фонды товаропроизводителей (самострахование) и страховые фонды страховых организаций. В случае принятия закона об обязательном страховании ГТС для гидротехнических сооружений, находящихся в федеральной собственности и приносящих доход,

на наш взгляд, в качестве организационной формы страхового фонда можно принять самострахование или страховые фонды государственных страховых организаций. Средством управления страховым делом в Российской Федерации являются законодательные и нормативные акты, а средством регулирования страхования и приведения в действие его механизма служат экономические, финансовые, статистические, математические инструменты, включая методы актуарных расчетов. В реальной экономике страховой фонд диверсифицирован по видам деятельности, целевому назначению и причинам возникающих потерь. Диверсификация фондов производится в законодательном порядке с предъявлением специальных требований к их созданию и использованию. Для владельцев ГТС (юридических и физических лиц), страховой фонд диверсифицирован по виду деятельности как страхование гражданской ответственности физических и юридических лиц, владеющих опасными объектами. Целевое назначение – обеспечение имущественных интересов собственников ГТС, связанных с причинением вреда жизни, здоровью и имуществу другим юридическим и физическим лицам в случае аварии на ГТС.

Страхование, как экономическая категория, выполняет рисковую, предупредительную, сберегательную, контрольную и инвестиционную функции при страховании ГТС. Страховой риск непосредственно связан с главным назначением страхования по оказанию денежной помощи пострадавшим третьим лицам, поэтому данная функция считается основной. Предупредительная функция страхования обусловлена использованием части средств страхового фонда на уменьшение степени и последствий страхового риска, т.е. проведение предупредительных мероприятий в отношении застрахованных объектов.

При страховании ГТС особую роль будет выполнять именно предупредительная функция страхования, позволяющая обеспечить надежную работу сооружений и избежать страхового случая.

Контрольная функция выражается в контроле за строго целевым формированием и использованием средств страхового фонда.

С 2004 года функции контроля за соблюдением требований законодательства в сфере страхования и регулирования экономическим механизмом осуществляет Федеральная служба страхового надзора. Данный орган государственной власти осуществляет лицензирование страховой деятельности, проводит специальную налоговую политику,

разрабатывает методические и нормативные документы по страхованию, защищает интересы страхователей в случае банкротства или их ликвидации по другим причинам.

Следует отметить, что роль страхования как механизма защиты материальных интересов российскими гражданами еще не осознана, на страхование расходуется менее 1 % доходов (против 15-20 % в наиболее развитых странах). В отдельных экономических системах и государствах (в частности, в России) страхование выполняет свои функции неполноценно, что обусловлено политической и социально-экономической ситуацией, уровнем общественного развития, национальными традициями.

### **Выводы:**

1. Основными признаками экономической категории страхования гидротехнических сооружений являются: страховые риски, которые оцениваются с точки зрения вероятности наступления страхового случая (аварии на ГТС) и количественной оценкой возможного ущерба (страховыми суммами); выражение ущерба в денежной форме; объективная потребность в возмещении ущерба; реализация мер по предупреждению и преодолению последствий страхового случая.

2. Основными функциями экономической категории страхования ГТС являются: формирование страхового фонда денежных средств за счет взносов юридических и физических лиц (собственников ГТС); возмещение вреда, причиненного жизни, здоровью других физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в случае аварии на ГТС; предупреждение (предупредительная функция) и ликвидация ущерба.

3. Страхование ГТС предполагает соответствующую организацию правовых, финансовых и экономических отношений тех субъектов, которые проводят действия по защите своих имущественных интересов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бланд, Д. Страхование: принципы и практика / сост. Д. Бланд. – М.: Финансы и статистика, 1998.

2. Щербаков, В.А. Страхование и актуарные расчеты: учебник / В.А. Щербаков, Е.В. Костяева. – М.: КНОРУС, 2007. – 312 с.



3. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.97 г. № 117-ФЗ.

4. Федеральный закон «О внесении изменений и дополнений в Закон Российской Федерации «Об организации страхового дела в Российской Федерации» и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации».

УДК 626/627/001/2:626.8.001.25

## **ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЙ И СОСТАВЛЕНИЯ ДЕКЛАРАЦИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГТС МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов, Е.И. Шкуланов,  
Г.Л. Лобанов, А.М. Кореновский  
ФГНУ «РосНИИПМ»

В водохозяйственном комплексе страны важное место занимают водохозяйственные объекты и гидротехнические сооружения мелиоративного назначения.

Средний процент износа ГТС мелиоративного назначения составляет около 50 %, аварийность на российских ГТС уже превысила среднемировой показатель в 2,5 раза. На территории ЮФО зарегистрировано более 15 тыс. ГТС и более 60 крупных каналов [1]. Согласно анализу, проведенному в работе [2], подавляющее большинство ГТС мелиоративного назначения характеризуется низкой эксплуатационной надежностью.

Гидротехнические сооружения мелиоративного назначения обеспечивают технологический процесс по созданию оптимального водного, воздушного, теплового и питательного режимов на мелиорируемых землях с целью получения стабильных урожаев сельскохозяйственной продукции.

Одной из основных задач эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративного назначения, как в России, так и за рубежом, является обеспечение безаварийной их работы в течение нормативного срока эксплуатации. Однако в связи с разнообразием природных условий, типов и конструкций, сложностью их взаимодействия с окружающей средой, неизбежными ошибками при их создании и другими причинами, полностью исключить опасность аварии не уда-

ется [3]. Исходя из этого, организация мониторинга и тщательных обследований ГТС позволяет своевременно обнаружить дефекты и дать достоверную оценку технического состояния гидротехнических сооружений, что в значительной степени позволит предотвратить возникновение чрезвычайных ситуаций.

Главным направлением повышения надёжности гидротехнических сооружений, согласно [4], следует считать усовершенствование и разработку методов: оценки надёжности и безопасности с учётом деградиационных процессов; анализа рисков ситуаций; оценки живучести; анализа критических нагрузок и состояний, обусловленных гидравлическими, гидрологическими и иными факторами; оптимизации стратегии надзора и эксплуатации; оценки экологических нарушений и риска; методов форсированных испытаний.

Для решения этих задач необходимо проводить систематические наблюдения и обследования ГТС, используя новые научно обоснованные методы обследований и технические средства для их выполнения.

В работе [5] методика обследования ГТС изложена достаточно подробно, однако некоторые вопросы, возникающие при обследовании ГТС мелиоративного назначения, требуют целого ряда специальных исследований. Особое внимание уделяется обследованию плотин, и если геометрические размеры и осадку сооружения установить сложности не представляет, то наличие полостей и каверн, поровое давление и интенсивность его рассеивания в водоупорных элементах грунтовых плотин (дамб) в основании и теле сооружений определить весьма затруднительно. Подобные обследования можно провести с использованием прибора «Георадар», принцип действия которого основан на использовании отражённых электромагнитных волн (рис. 1).

В 2003 году специалистами РосДОРНИИ были проведены работы на участке плотины Марфин Брод Можайского района Московской области. До глубины более 13 м были определены кровля и подошва слоев, оценена неоднородность грунтов плотины, выявлены зоны возможной инфильтрации подземных вод. В 2004 году на участке плотины в г. Людвино Калужской области так же обследовались тело плотины, бетонный фундамент в верхнем и нижнем бьефе, размывы и инфильтрация воды под фундаментом.



**Рис. 1. Георадар типа «ОКО-М1»**

При этом работы выполнялись протягиванием георадара в резиновой лодке как по поверхности воды, так и в водонепроницаемом футляре по дну при уровне воды до 4 м [6].

Отличительной особенностью обследования с помощью прибора «Георадар» оползневых участков территорий, прилегающих к ГТС, является выявление характерного для оползня направления векторов деформаций (формирование поверхности обрушения) и кривой скольжения. На основании этих данных можно дать практические рекомендации о необходимости устройства защитных сооружений.

Тщательному обследованию подлежат так же просадки грунта в непосредственной близости от гидротехнического сооружения, по трассе канала и поблизости от нее, так как это может свидетельствовать об увеличении фильтрации и активизации неблагоприятных геологических процессов, таких как карст. При обследовании плотины внимание уделяется плотному примыканию тела плотины к бортам, особенно, если грунт в теле плотины и борта сложены из различных по составу грунтов. В некоторых случаях (при особо неблагоприятных геологических условиях) могут наблюдаться очаги выхода сосредоточенного фильтрационного потока как в обход сооружения, так и в нижний бьеф. Так же следует обращать внимание на наличие и развитие трещин в зонах сопряжения элементов сооружений и оснований с различными механическими и фильтрационными свойствами.

Существенным показателем водохранилищных прудовых гидроузлов является количественная и качественная характеристики заиления и занесения чаши водоемов. Установлено, что на малых водо-

хранилищах интенсивность заиления усиливается при наличии органических осадков водной растительности в отложениях. В целях оценки санитарного состояния определяются морфометрические показатели водохранилища (пруда), площади мелководий, заросших водной растительностью, химический состав воды, изучаются гранулометрический, химический и биологический состав и толщина донных отложений. Взятие проб донных отложений и определение их толщины производится зондировочной трубкой конструкции Г.В. Лопатина или  $\gamma$ -зондом. Кроме того, определяются морфометрические характеристики водосборной площади, глубина базиса эрозии, густота эрозионного расчленения. В южных районах на водохранилищах и прудах изучаются карбонатообразовательные процессы, способствующие образованию продуктов хемогенной седиментации.

Бетонные и железобетонные элементы ГТС следует обследовать современными приборами неразрушающего контроля.

При обследовании быстротоков с помощью приборов неразрушающего контроля интерес представляет сопряжение водосливной грани с дном водобойного колодца (раскрытие контактных швов), деформация бортов и износ облицовок. Ширина раскрытия трещин может явиться предпосылкой к увеличению фильтрации на быстротоке, которая ведёт к разуплотнению грунтов под ним, интенсивному выносу их через контактный шов сопряжения с водобойным колодцем и, как следствие, к возникновению аварийной ситуации на сооружении.

При обследовании мембранных сооружений ГТС, выполненных из композитных материалов (плотин, затворов и полимерных покрытий каналов, а также геомембран на основе композитов), в силу специфики применяемого материала применение обычных дефектоскопов не представляется возможным, для этих целей рекомендуется использование импедансных дефектоскопов, которые позволяют дать достоверную оценку безопасности ГТС из композитных и полимерных материалов вплоть до выявления микротрещин и оценки истирания.

По мнению авторов, обследование ГТС мелиоративного назначения должно быть исключительно системным и охватывать территорию не только самого ГТС, но и прилегающих территорий при наличии развитой промышленной инфраструктуры, т.е. обследования должны быть более детальными и учитывающими влияние антропогенной деятельности человека.

Обследование гидротехнических сооружений является неотъемлемой частью работ по составлению деклараций безопасности гидротехнических сооружений. Объем работ по обследованию того или иного гидротехнического сооружения определяется строго индивидуально, но не менее, чем это необходимо для прохождения в дальнейшем государственной экспертизы.

Составление декларации безопасности есть процедура, следующая после камеральной обработки и обобщения данных обследования. Содержание и порядок ее разработки устанавливает Правительство Российской Федерации с учетом специфики гидротехнического сооружения [7]. При ее разработке составитель данного документа должен руководствоваться нормативными, методическими и иными правовыми актами, действующими на территории РФ. Необходимо отметить, что выбор методик в разделе «Анализ и оценка безопасности ГТС» зависит строго от инженерного опыта составителя декларации. Декларативно разрешается использовать вероятностные методы наряду с детерминистическим подходом, что создает дополнительные вопросы, требующие анализа [8]. Сама декларация должна в полной мере отвечать тем требованиям по форме и содержанию, которые предъявляются к документам подобного уровня ответственности.

В декларациях безопасности, составляемых для каналов (участков каналов), должна быть в достаточной мере обоснована не только его фильтрационная надежность, но и безопасность канала для окружающей территории в плане возможного подтопления. Производится анализ транспортирующей способности и гидравлической эффективности [2]. Для деклараций безопасности, составляемых для тоннелей, важное место при обосновании степени надежности наряду с давлением пород на его стенки играет состояние внутренней обделки (наличие на ней выбоин и пр.). В разделе «Поверочные расчеты» для тоннелей помимо определения пропускной способности выполняется расчёт влияния грунтовых вод и даётся прогноз по превышению горного давления на его стенки. Особенностью составления декларации безопасности для дюкеров является необходимость полноты описания контурной фильтрации, описание технического состояния диафрагм, устраиваемых по его длине, и возможных явлений вибрации. При наличии хотя бы одного из опасных факторов в главе «Анализ и оценка безопасности ГТС» авторами рекомендуется применение метода

«Древа событий» (ETA: Event Tree Analysis), описанного в [9] и рекомендованного в дальнейшем в [10], для учёта всех возможных сценариев отказов и возникновения аварий. Метод «Древа событий» по классификации [9] относится к третьей группе графоаналитических методов, и заключается в изучении всех возможных сценариев, с помощью которых прослеживаются все изменения механизма процессов каждого сценария вплоть до конечного периода – возможного разрушения системы.

Для сопрягающих сооружений, входящих в комплексы ГТС мелиоративного назначения, в главе «Поверочные расчеты» помимо определения основных гидравлических характеристик определяется величина воронки размыва и, используя вероятностные методы, даётся прогноз по возможному ее развитию или стабилизации с указанием влияющих факторов, рассматриваются явления кавитации и вибрации на водопроводящей части.

Оценка уровня технического состояния ГТС на мелиоративных системах осуществляется по показателям, приведенным в работе [11].

Благодаря применению современного оборудования и новейших методик, возможно существенно повысить оперативность и качество обследования ГТС мелиоративного назначения, снизить финансовые затраты и трудоемкость. Вместе с тем обследование и мониторинг позволяют своевременно дать оценку технического состояния ГТС, их надежности и уровня безопасности, необходимых для принятия решения о проведении различного вида ремонтных работ, а также для составления декларации безопасности.

Кроме того, при обследовании должно изучаться системное окружение и производиться оценка востребованности функций ГТС. Неперспективное использование мелиорированных земель позволяет переводить их в земли другой категории использования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колганов, А.В. Водохозяйственный комплекс Южного федерального округа: современное состояние, проблемы управления / А.В. Колганов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 2-4.

2. Щедрин, В.Н. Эксплуатационная надежность оросительных систем / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов. – М.: Росинформагротех, 2005. – 392 с.

3. Варга, А.А. Некоторые инженерно-геологические аспекты анализа безопасности ГТС / А.А. Варга, М.Б. Ременяк // Безопасность энергетических сооружений. – Вып. 7. – М.: АО НИИЭС, 2000. – С. 113-118.

4. Мирцхулава, Ц.Е. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений: история, настоящее, приоритетные направления: Обзорная лекция на Международном симпозиуме «Гидравлические и гидрологические аспекты надежности и безопасности гидротехнических сооружений» / Ц.Е. Мирцхулава. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им Б.Е. Веденеева», 2002.

5. Каганов, Г.М. Обследование гидротехнических сооружений при оценке их безопасности: учеб. пособие МГУП / Г.М. Каганов, В.И. Волков, О.Н. Черных. – М., 2001.

6. Кулижников, А.М. Неразрушающие георадарные методы в инженерных изысканиях / А.М. Кулижников, А.А. Белозеров // Геопрофи. – 2004. – № 5. – С. 44-47.

7. Радкевич, Д.Б. Декларирование безопасности гидротехнических сооружений / Д.Б. Радкевич. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000. – Вып. 3. (Библиотечка гидротехника. Безопасность гидротехнических сооружений. – Приложение к журналу «Гидротехническое строительство»). – 84 с.

8. Варга, А.А. Вероятностный анализ безопасности гидротехнических сооружений при взаимодействии с окружающей средой / А.А. Варга // Геоэкология. – 2002. – № 2. – С. 99-111.

9. New perspectives on the safety of dams // W.P. and D.C., Oct.1983. – P. 47-52.

10. Risk Assessment as an Aid to Dam Safety Management // Rev. № 9, ICOLD. 24.08.99.

11. Ольгаренко, В.И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник для вузов / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин; под ред. чл.-корр. РАСХН В.И. Ольгаренко. – Коломна, 2006. – 391 с.: ил.

## АНАЛИЗ ГИДРОМОДУЛЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ЦИКЛИЧЕСКИМ ОРОШЕНИЕМ

С.М. Васильев, Т.П. Андреева, А.В. Акопян, С.Ю. Бакоев  
ФГНУ «РосНИИПМ»

При проектировании оросительных систем необходимо знать секундные расходы воды, подаваемые на сельхозугодья. Эти расходы выражают через гидромодули. С помощью гидромодуля удобно производить сравнительную оценку водопотребления системы.

Проведем обобщенный анализ величины гидромодуля, применяемого при расчете основных параметров оросительной сети при циклическом орошении, который рассчитывается по формуле [1]:

$$q = \frac{a_u \cdot D_{ir} \cdot K_{mn}}{86,4 \cdot t}, \quad (1)$$

где  $a_u$  – доля площади, занятой циклически орошаемыми культурами в севообороте;

$D_{ir}$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$K_{mn}$  – коэффициент мелиоративной нагруженности для различных уровней состояния почв принимает три значения – 0,3, 0,4 и 0,5 [2, 3].

$t$  – продолжительность полива, сут.

Величина гидромодуля, рассчитанная по формуле (1), позволяет оценить потребность в воде циклически орошаемого массива, и величину завышения гидромодуля существующих ОС [4].

Рассмотрим формулу (1) как функцию, зависящую от нескольких переменных. В силу того, что поливная норма для различных культур колеблется в зависимости от обеспеченности года, то такие параметры как площадь и время также можно принять за переменные, т.е. функция  $q$  будет зависеть от трех переменных.

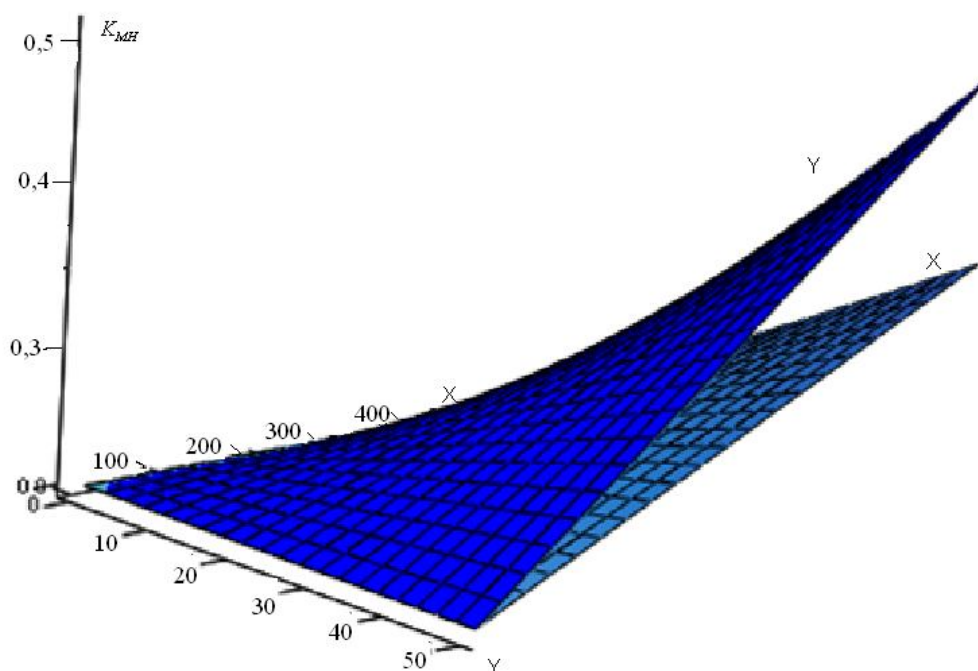
Для наглядности изобразим график функции  $q$  путем суперпозиции нескольких функций, предварительно представив ее в виде:

$$q \cdot 86,4 \cdot t = a_u \cdot D_{ir} \cdot K_{mn}.$$



Введем следующие обозначения:  $Y = q \cdot 86,4 \cdot t$ ;  $X = a_u \cdot D_{ir}$ .

В пространстве графики двух поверхностей  $X$  и  $Y$  имеют следующий вид (рис. 1):



**Рис. 1. Пространственная зависимость гидромодуля, продолжительности полива, поливной нормы и площади**

При изображении на плоскости полученной линейной функции:

$$Y = K_{MH} \cdot X,$$

при различных значениях  $K_{MH}$  получим семейство кривых, с помощью которых приблизительно можно геометрически представить зависимость гидромодуля от площади и поливной нормы.

Так как переменные  $X$  и  $Y$  в свою очередь являются функциями от двух переменных, то графически представим их линии уровня.

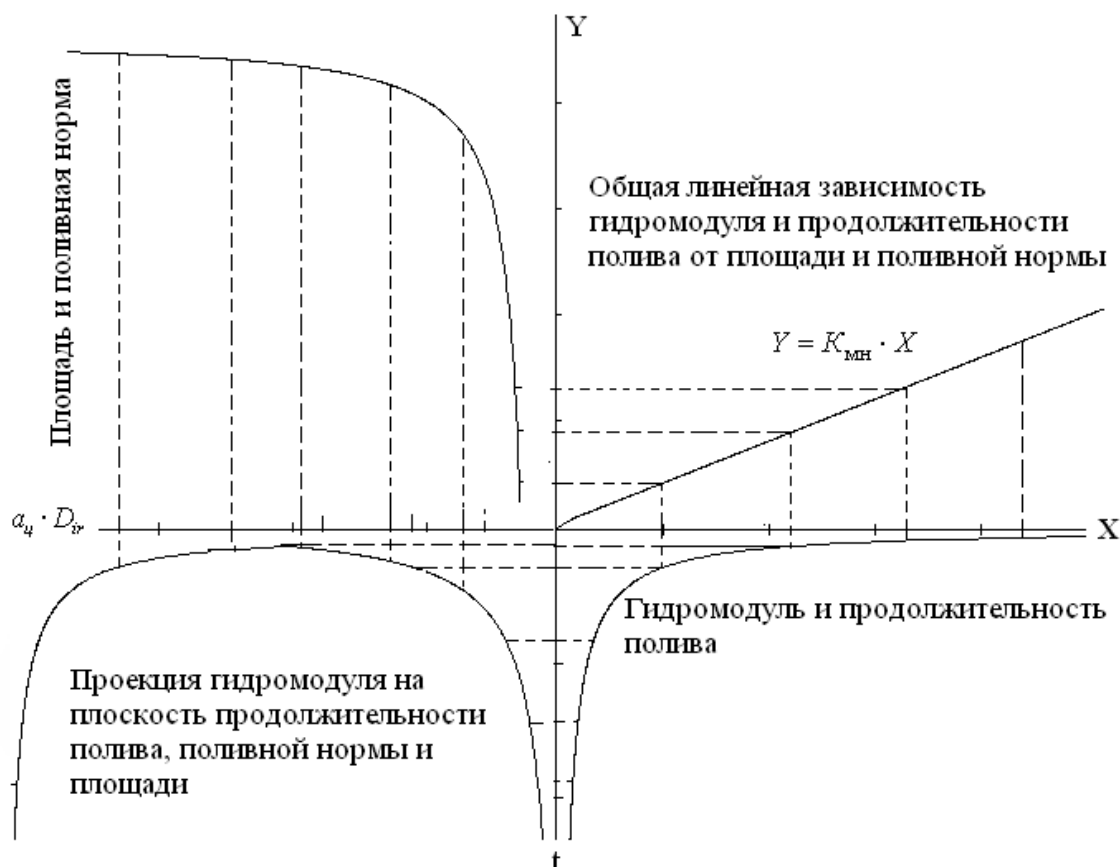
Изобразим на одном чертеже первые квадранты четырех систем координат (рис. 2).

Таким образом, задавая различные значения поливной нормы, величины площади и времени, можно получить значения гидромодуля. Соединив их, мы получим приближенную кривую, расположенную в третьей четверти графика. Очевидно, что данная функция не имеет глобального экстремума, поэтому найдем точку условного экстремума, задав определенное ограничение.

Предположим, что суммарное значение всех переменных, т.е. поливной нормы, доли площади, занятой циклически орошаемой культурой, в севообороте и продолжительность полива не должны превосходить какое-то значение  $F$ :

$$\alpha \cdot a_u + \beta \cdot D_{ir} + \gamma \cdot t \leq F,$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$  – некоторые коэффициенты, подлежащие определению.



**Рис. 2. Композиция линий уровня гидромульти при циклическом орошении**

Тогда, согласно правилу определения условного экстремума, составим функцию Лагранжа:

$$L(a_u, D_{ir}, t, \lambda) = \frac{a_u \cdot D_{ir} \cdot K_{MH}}{86,4 \cdot t} + \lambda(\alpha \cdot a_u + \beta \cdot D_{ir} + \gamma \cdot t - F).$$

Составляем систему линейных уравнений, для чего приравняем нулю первые частные производные функции Лагранжа:

$$\begin{cases} \frac{\partial L(a_u, D_{ir}, t, \lambda)}{\partial a_u} = \frac{\partial q}{\partial a_u} + \lambda \cdot \alpha = 0 \\ \frac{\partial L(a_u, D_{ir}, t, \lambda)}{\partial D_{ir}} = \frac{\partial q}{\partial D_{ir}} + \lambda \cdot \beta = 0 \\ \frac{\partial L(a_u, D_{ir}, t, \lambda)}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial t} + \lambda \cdot \gamma = 0 \\ \frac{\partial L(a_u, D_{ir}, t, \lambda)}{\partial \lambda} = \alpha \cdot a_u + \beta \cdot D_{ir} + \gamma \cdot t - F = 0. \end{cases}$$

Решив систему, мы сможем найти условный максимум или минимум гидромодуля. Аналогично, для различных культур в севообороте при суммировании значений гидромодулей соответствующих культур, можно определить условные экстремумы, которые способствуют корректировке сроков и продолжительности поливных периодов и поливных норм при циклическом орошении.

С помощью теории дробно-линейного программирования мы можем определить простейшие оптимальные значения гидромодуля на примере какой-либо культуры (кукуруза на зерно).

Пусть поливная норма  $D_{ir}$  для некоторой культуры принадлежит интервалу [400; 3700] литров в зависимости от обеспеченности года, растяжимость полива [86400; 1728000] (в секундах), площадь орошения пусть будет постоянной величиной. Тогда задача может быть сформулирована в виде:

$$q = \frac{a_u \cdot D_{ir} \cdot K_{\text{МН}}}{86,4 \cdot t} \rightarrow \max (\min)$$

с системой ограничений:

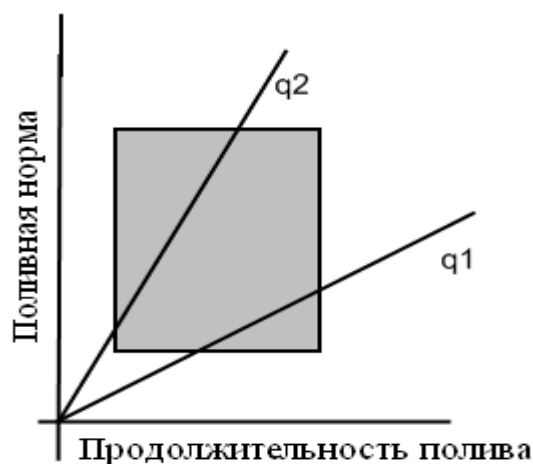
$$\begin{cases} 400 \leq D_{ir} \leq 3700 \\ 2 \leq t \leq 30. \end{cases}$$

Очевидно, что областью допустимых решений является прямоугольник, изображенный на рис. 3.

Из выражения (1) находим  $D_{ir}$ :

$$D_{ir} = \frac{86,4 \cdot t \cdot q}{a_u \cdot K_{\text{МН}}},$$

введем обозначение  $D_{ir} = k \cdot t$ , где  $k = \frac{86,4 \cdot q}{a_y \cdot K_{\text{мн}}}$ .



**Рис. 3. Область допустимых значений поливной нормы и продолжительности полива**

Прямая  $D_{ir} = k \cdot t$  проходит через начало координат. При некотором фиксированном значении  $q$  угловой коэффициент  $k$  также фиксирован и прямая  $D_{ir} = k \cdot t$  займет определенное положение. При изменении значений  $q$  прямая будет поворачиваться вокруг начала координат. Так как угловой коэффициент прямой имеет положительное значение, то прямая будет вращаться против часовой стрелки. В простейшем указанном случае функция  $q$  достигает своих оптимальных значений в угловых точках области допустимых решений. При наложении дополнительных ограничений (в зависимости от создавшейся ситуации) можно найти оптимальное значение гидромодуля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин, В.Н. Циклическое орошение – новое в стратегии оросительных мелиораций / В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, Т.П. Андреева // Вопросы мелиорации. – 2008. – № 3-4. – С. 7-20.
2. Пат. РФ № 2324331. Способ мелиорации орошаемых черноземов / В.Н. Щедрин [и др.]. Бюл. № 14, 2008.
3. Кирейчева, Л.В. Концепция создания устойчивых мелиоративных ландшафтов / Л.В. Кирейчева // Вестник РАСХН. – 1997. – № 5. – С. 51-55.

4. Бобченко, В.И. Сочетание орошаемого и богарного земледелия / В.И. Бобченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 5-8.

УДК 626.821.004.68:338.5

## **ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАНАЛОВ ОТКРЫТОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

И.В. Булгакова  
ФГНУ «РосНИИПМ»

В связи с развитием агропромышленного комплекса в настоящее время остро возник вопрос реконструкции и модернизации мелиоративных фондов. Наиболее затратные элементы мелиоративного фонда находятся в Южном федеральном округе (ЮФО). В связи с этим Министерством сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области разработан Проект программы по сохранению и восстановлению мелиоративных систем.

В Проект программы восстановления орошаемых земель включены хозяйства, где требуются наименьшие затраты на восстановление и которые реально способны вкладывать собственные средства в восстановление внутрихозяйственной оросительной и дренажной сети, а также приобретение поливной техники на условиях частичного возмещения этих затрат из областного бюджета.

Средства федерального бюджета, кроме реконструкции ДМК, используются на восстановление головных и перекачивающих насосных станций, подпорных и регулирующих сооружений, магистральных и межхозяйственных водоподающих каналов. Выполнение планируемых мероприятий за период 2009-2011 гг. при субсидировании сельхозтоваропроизводителей из областного бюджета в размере 90 % потребует дополнительного выделения средств к утвержденному областному бюджету в сумме 614,5 млн руб., в том числе: 2009 г. – 174,0 млн руб., 2010 г. – 207,0 млн руб., 2011 г. – 233,5 млн руб. [1].

В процессе эксплуатации оросительная сеть подвергается воздействию различных внешних факторов, влияние которых отрицательно сказывается на техническом состоянии системы и сопровождается отклонением ее параметров от первоначальных расчетных значений. Прежде всего, изменяются пропускная способность, ше-

роховатость, устойчивость влиянию нагрузок и др. Эти отклонения иногда могут быть настолько значительными, что дальнейшая эксплуатация системы или отдельных сооружений становится просто невозможной.

Состав эксплуатационных мероприятий, обеспечивающих бесперебойную работу оросительных систем, следующий:

- испытание каналов, трубопроводов и сооружений на них при приеме в эксплуатацию с целью установления пропускной способности, предельных значений уровней воды, шероховатости и др.;

- проведение текущего контроля за состоянием сооружений и совершенствование оборудования в течение всего периода эксплуатации;

- соблюдение установленных инструкций по эксплуатации, правил по пропуску высоких вод, льда, наносов и др.;

- принятие профилактических и предупредительных мер по недопущению нарушения работы каналов, трубопроводов, лотков и сооружений;

- своевременное проведение текущих и капитальных ремонтов оросительной, сбросной и дренажной сети с сооружениями;

- восстановление поврежденных элементов системы и реконструкция оросительной и дренажно-сбросной сети.

Внутрихозяйственная часть оросительных систем с точки зрения надежности представляет собой сложный объект. В его состав входят различные элементы, подверженные воздействию природных, механических, электрических, химических и других факторов. Под их воздействием происходит постоянный износ элементов, старение системы. Для поддержания этого сложного хозяйства в работоспособном состоянии, повышения ее надежности необходима организация систематического надзора за работой всех элементов оросительной системы, уход за ними, своевременное проведение профилактических ремонтных работ [2].

В связи с тем, что в последние годы в ЮФО возрастают объемы работ по реконструкции оросительных каналов (Большой Ставропольский и Донской магистральные каналы), необходимо обеспечить более эффективное использование технологических комплексов машин и рабочего оборудования на ремонтно-восстановительных и специальных строительных работах. В ФГНУ «РосНИИПМ» были произведены расчеты технико-экономических показателей строительства

малых оросительных каналов глубиной от 1,1 до 1,5 м с комплексом оборудования (по ведущим машинам), которые послужили основой для выполнения предварительной оценки затрат на реконструкцию малых оросительных каналов глубиной от 1,1 до 1,5 м.

Известно, что для достижения более высоких результатов работ необходимо использовать в производственных условиях элементы комплексных технологических процессов по операциям в определенной последовательности.

Для решения поставленных в проекте задач в лаборатории экономики мелиорации были произведены расчеты затрат на реконструкцию каналов оросительной сети. Для анализа и сравнения ряда конструкций облицовок (четырёх типов с бетонным покрытием) и отдельных типов комплексов машин (двух типов по устройству бетонопленочных противофильтрационных покрытий) использовался метод отбора (экспертной оценки) технологических комплексов машин, по которым были произведены необходимые расчеты, данные по которым приведены в таблице.

При определении технико-экономических показателей в основу расчета были положены коэффициенты соотношения цен на выполнение строительно-монтажных работ (СМР) в следующих соотношениях  $K_{ц1} = Ц_{с1991 г.} / Ц_{с1984 г.} = 1,54$ ;  $K_{ц2} = Ц_{с2007 г.} / Ц_{с1991 г.} = 37,6$ . Индекс цен на выполнение строительно-монтажных работ изменяется и корректируется по регионам поквартально. Указанный индекс цен на выполнение СМР учитывался на период первого квартала 2007 года, а в последующем на основании изменения индекса цен технико-экономические и стоимостные показатели должны пересчитываться [3].

Анализ выполненных расчетов показывает, что стоимость реконструкции облицовок каналов оросительных систем современными комбинированными покрытиями в среднем в три раза выше, чем у каналов в земляном русле. Однако при выполнении облицовок повышенной надежности с противофильтрационными покрытиями по конструкции и исключении строительства отсечных дренажных систем стоимость реконструкции каналов на оросительной системе снижается в 1,40-1,70 раза. При обеспечении повышения коэффициента полезного действия открытого канала с 0,70-0,90 (выполненного в земляном русле) до значения 0,99 (при применении бетонопленочной облицовки повышенной надежности) снижаются объемы и расход

Таблица

**Технико-экономические показатели реконструкции внутрихозяйственных оросительных каналов  
Багаевско-Садковской и Нижне-Донской ОС глубиной от 1,1 до 1,5 м с комплексом оборудования  
(по ведущим машинам), 1987 и 2007 гг.**

Показатель		Монолитное бетонное покрытие (ПФЗ)				Бетнопленочные ПФЗ	
		МБ-15А	УКО-1,1	МБ-17А	УКО-1,5	УКО-1,1	УКО-1,5
Состав исполнителей в т.ч.: - на управлении машинами; - на вспомогательных и ручных работах	чел.	23	22	23	22	25	25
	чел.	16	16	16	16	19	19
	чел.	7	6	7	6	6	6
Техническая производительность	м <sup>3</sup> /ч	20	17	28	19	17	19
	м/ч	43,8	33,7	42,4	27,3	56,4	44,3
Среднечасовая эксплуатационная производительность	м <sup>3</sup> /ч	10,0	8,7	14,7	11,6	8,9	44,3
	м/ч	21,9	20,2	22,1	16,4	33,6	22,8
Годовая эксплуатационная производительность (выработка),	км/год	32,0	22,0	32,3	17,8	48,0	33,8
Себестоимость реконструкции канала, руб./км	1987 г.	7067,4	5796	12980,4	11988	11508	7380,8
	2007 г.	398601,6	326894,4	732094,2	676123,2	649051,2	416239,6
Стоимость комплекса основных машин, руб.	1987 г.	99389,4	92157	114740,4	96364,8	107516,5	112425,6
	2007 г.	3677407,8	3409809	4245394,8	3565497,6	3978110,5	4159747,2
Удельные приведенные затраты, руб./км	1987 г.	7564,8	6420	13728	12799,8	11844	7884,1
	2007 г.	426655,2	362088	774259,2	721908,6	668001,6	444663,1



оросительной воды за счет исключения потерь воды на фильтрацию через облицовку канала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Проект программы по восстановлению мелиоративных систем Ростовской области на период 2009-2011 гг. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области.

2. Ремонтно-восстановительные работы на оросительных и осушительных сетях и сооружениях // Информационный обзор ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – М., 2000.

3. Выбор эффективной и надежной противофильтрационной защиты русел открытых каналов при реконструкции оросительных систем: рекомендации / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, В.И. Миронов. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2008.

УДК 626.82.004.68:631.347

### **РЕКОНСТРУКЦИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО ОРОСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

А.С. Штанько

ФГНУ «РосНИИПМ»

В связи со сложившимися в стране в 90-е годы прошлого века тяжелыми экономическими и организационно-хозяйственными условиями многие хозяйства отказались от орошения по причине нехватки средств или вовсе обанкротились. Если межхозяйственная сеть, состоящая на балансе государства, кое-как поддерживалась в рабочеспособном состоянии, то внутрихозяйственная сеть, состоящая на балансе этих хозяйств, не обслуживалась и не охранялась. Это привело к разрушению и разворовыванию элементов внутрихозяйственной оросительной сети и, как следствие, к выходу ее из строя.

Кроме этого, существующие оросительные системы устарели не только физически, но и морально. Техническая оснащенность и техническое состояние мелиоративных систем не соответствует требованиям современного сельскохозяйственного производства и, зачастую, требованиям безопасности эксплуатации. В связи с этим, и учитывая воз-

растающий интерес государства и землепользователей к орошаемому земледелию, встает вопрос о необходимости реконструкции оросительных систем с учетом современных организационно-хозяйственных и экологических требований. Поэтому в ФГНУ «РосНИИПМ» был разработан вариант реконструкции внутривозвращенной оросительной сети с использованием мобильного оросительного оборудования.

Мобильное оросительное оборудование – комплекс взаимосвязанных компонентов, включающий в себя передвижные насосные станции, водопроводящие разборные трубопроводы, технические средства транспортировки и монтажа трубопроводов и оросительную технику. Данный комплекс не привязан к конкретному полю и может перемещаться и устанавливаться на различных полях орошаемого севооборота.

Мобильное оросительное оборудование целесообразно применять для реконструкции существующей и строительства новой внутривозвращенной сети при следующих условиях:

1. При использовании технологии циклического и периодического орошения.
2. В зоне неустойчивого увлажнения, где потребность в орошении возникает в течение сравнительно непродолжительного срока.
3. В сложных гидрологических и гидрогеологических условиях.
4. При отсутствии мощных источников орошения.

Суть циклического орошения сельскохозяйственных культур в севооборотах заключается в том, что после получения запланированного на ряд лет экономического эффекта, участок оставляют под богарное земледелие на срок, необходимый для восстановления уровня грунтовых вод, улучшения структуры почвы и в целом повышения плодородия. Для этой цели используются комбинированные севообороты, в которых от 20 до 40 % занимают орошаемые культуры. В этих условиях использование стационарной оросительной сети экономически нецелесообразно, так как мощности оросительной системы будут задействованы на 20-40 %.

При периодическом орошении производится полив ежегодно неорошаемых земель в зависимости от наличия излишков воды, которые появляются во влажные годы и отсутствуют в сухие годы по влагообеспеченности.

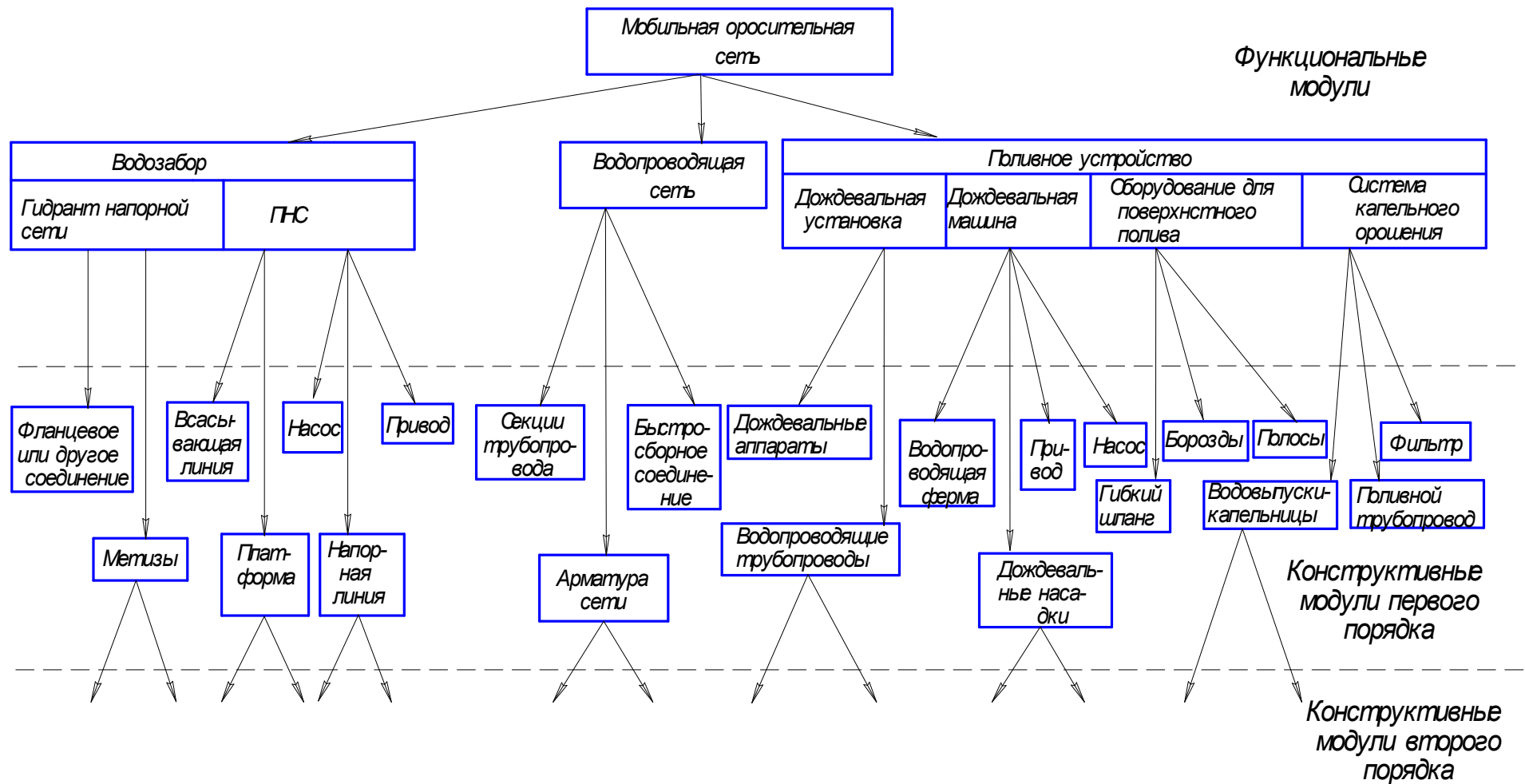
Зона неустойчивого увлажнения характеризуется периодическим преобладанием испарения над атмосферными осадками в одни годы и сезоны и достаточной влажностью в другие сезоны и годы. Поэтому оросительные мелиорации на территории этой зоны необходимы не ежегодно, а периодически. В связи с этим строительство капитальной стационарной оросительной сети экономически нецелесообразно, так как затраты на строительство и на поддержание ее в рабочем состоянии будут гораздо выше, чем эффект от ее использования.

В сложных гидрологических и гидрогеологических условиях, таких как обильный приток грунтовых вод, затопление территории талыми водами и др., также эффективно применение мобильного оросительного оборудования.

Отсутствие мощных источников орошения не позволяет создавать крупные централизованные оросительные системы. Для организации поливного земледелия в этих условиях требуется регулирование местного стока путем строительства прудов и водохранилищ при наличии благоприятных морфологических и инженерно-геологических условий, особенно на овражно-балочной сети, в пределах полей севооборотов, то есть на месте формирования стока. Оросительная способность таких прудов невелика. Накопленной водой можно полить 50-60 га. Экономически наиболее выгодно орошать их с применением элементов мобильного оросительного оборудования – дождевальных машин, разборных трубопроводов, передвижных насосных станций и другого оборудования.

Кроме этого, необходимо отметить, что строительство и освоение стационарных оросительных систем осуществляется, как правило, в течение 3-5 лет и более. Использование мобильного оросительного оборудования позволит уменьшить срок освоения земель до 1 года, так как с технической точки зрения для устройства мобильной оросительной сети необходим минимальный объем проектно-изыскательских и строительных работ.

Мобильная оросительная сеть состоит из трех основных функциональных модулей: водозабор, водопроводящая сеть и поливное устройство. Структура мобильной оросительной внутрихозяйственной сети представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Структурная схема мобильной внутривозвратной оросительной сети**

Основное требование, которому должны удовлетворять функциональные модули – это мобильность. То есть подвижность и готовность к быстрому выполнению задач.

В качестве водозабора для мобильной внутрихозяйственной оросительной сети могут выступать гидранты существующей стационарной закрытой оросительной сети или передвижные насосные станции для забора воды из каналов.

Водопроводящая транспортирующая закрытая сеть должна быть разборной и состоять из элементов, которые можно транспортировать существующими средствами транспортировки (тракторный прицеп или грузовой автомобиль). Это достигается использованием секций трубопровода длиной 6-8 метров, которые соединяются между собой быстросборными соединениями. Кроме этого, водопроводящая сеть должна быть укомплектована гидрантами-водовыпусками, задвижками, обратными и предохранительными клапанами, воздушными вантузами и другой необходимой арматурой сети.

В качестве поливного устройства могут выступать дождевальная техника, оборудование для поверхностного полива и оборудование для капельного орошения.

В рамках тематики ФГНУ «РосНИИПМ» были разработаны типовые схемы орошения пяти- и шестипольных севооборотов с помощью мобильного оросительного оборудования и определены состав и параметры оросительной сети для каждой типовой схемы.

Так же было проведено технико-экономическое сравнение вариантов реконструкции внутрихозяйственной оросительной сети с использованием разработанных типовых схем расположения мобильного оборудования с базовым вариантом стационарной оросительной сети. Результаты представлены в таблице.

При сравнении показателей базового варианта реконструкции с показателями варианта реконструкции с использованием мобильной сети, можно сделать следующие выводы:

1. Общие капиталовложения на гектар орошаемой площади при мобильной оросительной сети на 35 % меньше, чем при стационарной. Это достигается значительным снижением капитальных вложений в транспортирующую трубопроводную сеть. Капитальные вложения в насосные станции и дождевальные машины практически одинаковы.

## Технико-экономическое сравнение вариантов реконструкции

Показатель	Базовый вариант стационарная сеть (ДДА 100ВХ)	Мобильная оросительная сеть (ДДА 100ВХ)	Мобильная оросительная сеть (ДДН 100)	Мобильная оросительная сеть (ДМ Bauer)	Мобильная оросительная сеть (Днепр)
Площадь одновременно орошаемого участка, га	600	400	400	300	240
Марка насосной станции	СНП 500/10В	СНП 240/30	СНП 240/30	СНП 100/100,	СНП 100/100,
Количество насосных станций, шт.	2	2	2	3	2
Протяженность трубчатой сети, м/га в т.ч.:					
- распределительной (стационарной), м/га	20,87	-	-	-	-
- распределительной (передвижной), м/га	-	17,3	17,3	24,2	20,2
Число дождевальных машин, шт.	6	4	4	12	2
Капитальные вложения:					
- по оросительной сети, руб./га	40926	22334	22334	24707	34946
- насосной станции, руб./га	2207	2468	2468	4416	3680
- по дождевальной машине, руб./га	4152	4152	2800	31760	26666
- по трактору буксировщику, руб./га	4957	4957	10500	2447	1529
<b>Итого капиталовложений, руб./га</b>	<b>51397</b>	<b>33911</b>	<b>38102</b>	<b>63330</b>	<b>66821</b>
Затраты на оплату труда, руб./га	1515	2587	2587	3585	3581
Затраты ГСМ, руб./га	2634	2634	5140	1664	1040
Затраты на электроэнергию, руб./га	1287	1287	1287	4680	3900
Отчисления на амортизацию и ремонт, руб./га:					
- амортизация	3802	1751	1997	2778	2214
- ремонт	1960	1104	1565	2090	1469
<b>Суммарные годовые затраты, руб./га</b>	<b>11198</b>	<b>9363</b>	<b>12576</b>	<b>14797</b>	<b>12204</b>

2. Годовые затраты на оплату труда на гектар орошаемой площади при стационарной сети на 41 % меньше по сравнению с мобильной сетью, но за счет отчислений на амортизацию и ремонт суммарные годовые затраты на гектар орошаемой площади при мобильной сети меньше на 16 %.

Поведенные исследования показывают, что применение мобильного оросительного оборудования в описанных выше условиях позволит повысить эффективность орошаемого земледелия, увеличить валовой сбор сельскохозяйственной продукции и улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель.

УДК 626.88.004

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ**

В.Н. Лозовой, А.П. Васильченко

ФГНУ «РосНИИПМ»

Организацию технического обслуживания и эксплуатации рыбозащитных сооружений и устройств обеспечивают службы водопотребителя. Основным документом, регламентирующим деятельность службы эксплуатации рыбозащитного сооружения, является инструкция по эксплуатации, которая разрабатывается на завершающей стадии проектирования сооружения.

Особенностью эксплуатации крупных рыбозащитных сооружений является наличие в составе службы специалистов-ихтиологов. Ихтиологическая служба осуществляет наблюдения за динамикой ската, дает оценку рыбозащитной эффективности сооружения в течение периода ската, обеспечивает контроль над соблюдением технологических операций [1]. Сотрудники ихтиологической службы РЗС состоят в штате соответствующего бассейнового управления (районной инспекции) Росрыбвода, подотчетны и подконтрольны ему. Бассейновые управления осуществляют контроль над соблюдением правил эксплуатации рыбозащитных сооружений и устройств на всех существующих водозаборах; проводят оценку их рыбозащитной эффективности; дают предприятиям и организациям заключения по технической документации на размещение водозаборов и оснащение их рыбозащитными сооружениями; при-

меняют административные санкции за причиненный ущерб от работы водозабора и низкую эффективность защиты рыб.

Эксплуатация рыбозащитных сооружений, как и других сооружений водохозяйственного комплекса, включает выполнение организационно-хозяйственных, инженерно-технических и финансово-экономических мероприятий [2].

*К организационно-хозяйственным мероприятиям относятся:*

- организация управления рыбозащитным сооружением (штатное расписание, должностные обязанности, режим рабочего дня и т.д.);
- организация ихтиологического обслуживания сооружения рыбозащиты;
- обеспечение безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала;
- формирование материально-технической базы;
- организация научно-исследовательских работ по оценке работоспособности и рыбозащитной эффективности сооружения.

*Инженерно-технические мероприятия включают:*

- организацию технического обслуживания и эксплуатацию рыбозащитного сооружения;
- текущий, капитальный ремонт и реконструкцию сооружения;
- внедрение новых достижений науки и техники при совершенствовании отдельных узлов и элементов и др.;
- техническое обеспечение ихтиологических наблюдений и исследований;
- организацию эффективных форм работы по экономии энергетических и материальных ресурсов;
- совершенствование средств автоматизации и контроля за работой сооружения.

*Финансово-экономические мероприятия включают:*

- финансовую и бухгалтерскую отчетность;
- экономическое стимулирование труда;
- определение технико-экономических показателей и затрат на эксплуатацию;
- оценку предотвращенного ущерба рыбному хозяйству.

Рыбозащитное сооружение считается принятым в эксплуатацию после утверждения акта государственной комиссии.



В соответствии с действующими нормативными документами для ввода рыбозащитного сооружения в эксплуатацию назначается рабочая приемо-сдаточная комиссия. В состав комиссии включают представителей заказчика, эксплуатационной службы, местной администрации, подрядчика, проектировщика, органов бассейнового управления (Рыбвода), санитарного и пожарного надзоров, органов по регулированию использования и охране вод, землепользователей, представителей профсоюзной организации заказчика и финансирующего банка.

Как правило, рыбозащитные сооружения принимаются во временную эксплуатацию (на 1-2 года), в течение которой проводится оптимизация технологических режимов работы, а также биологические и гидравлические научные исследования с целью:

- изучения пространственно-временной структуры ската молоди рыб в изменившихся гидравлических условиях в месте водозабора;
- оценки рыбозащитной эффективности сооружения в продолжение всего периода ската молоди;
- изучения гидравлических условий в зоне влияния водозабора при различных гидрологических режимах в водоисточнике.

Для проведения исследований привлекаются специалисты НИИ рыбного хозяйства, инженеры-гидротехники и др. Состав и объем научных исследований предусматривается сметой проекта, организуется и координируется вышестоящей организацией.

По результатам временной эксплуатации сооружения уточняются отдельные положения инструкции по эксплуатации, разработанной проектировщиками, которая затем утверждается для постоянного использования. Например, в зависимости от характера плавающего мусора, вида водной растительности, режима движения наносов и др. уточняется периодичность промывки сетных полотен или фильтрующих кассет.

Инструкция по эксплуатации рыбозащитного сооружения имеет следующее содержание.

*Введение.* Приводятся основания для разработки инструкции, данные о том, кем разработана, согласована и утверждена инструкция, а также место хранения и срок действия.

*Технические данные (Паспорт водозабора и РЗС).* Дается описание месторасположения водозабора, его назначения, технико-экономических показателей, ихтиологической характеристики водоис-

точника, типа рыбозащитного сооружения и его технико-экономических показателей в соответствии с содержанием паспорта водозабора.

*Устройство и режим работы.* Излагается принцип работы устройства; приводится график водоподдачи насосной станции; режим работы отдельных агрегатов; порядок работы РЗС; режим и порядок промывки РЗС; устанавливается предельно допустимая степень засорения сетчатого полотна, фильтрующих кассет и др.; приводится порядок борьбы с мусором; описывается зимний режим работы РЗС; приводятся условия работы рыбоотвода.

Отдельный раздел посвящается работе рыбозащитного сооружения в чрезвычайных условиях (тяжелые наносные условия, сложная ледовая обстановка и др.).

*Указание мер безопасности.* Приводятся правила техники безопасности при эксплуатации РЗС, использования плавсредств и грузоподъемного оборудования, виды и порядок инструктажа по технике безопасности. Указываются границы зон ограждения, тип ограждения и предупреждающие знаки.

*Природоохранные требования.* Указывается рыбозащитная эффективность устройства, соответствующая требованиям нормативной документации. Приводится перечень эксплуатационных мероприятий по предупреждению попадания загрязняющих веществ в водоем.

*Техническое обслуживание.* Даются рекомендации по подготовке сооружения к работе, порядок работы. Приводятся виды и сроки осмотров и профилактического обслуживания сооружения, содержание и технические требования основных проверок технического состояния, инструкции по эксплуатации контрольно-измерительной аппаратуры и другого технологического оборудования. Устанавливаются виды и периодичность текущих и капитальных ремонтов сооружений. Перечисляются правила хранения РЗС. Излагаются правила и формы учета неисправностей и продолжительности их устранения и др.

*Ихтиологическое обслуживание РЗС.* Излагается порядок ихтиологических наблюдений (динамика размерно-видового состава, концентрации молоди рыб), периодичность проверки рыбозащитной эффективности сооружения.

*Организация службы эксплуатации.* Устанавливаются штатное расписание, должностные обязанности и ответственность сотрудников.

*Приложение.* Приводится перечень характерных неисправностей и мер по их устранению, графики текущего и капитального ремонтов, схемы смазки узлов и др.

При разработке инструкции по эксплуатации следует учитывать, что режим работы рыбозащитного сооружения определяется конструкцией и компоновкой РЗС, суточной и сезонной динамикой ската молоди рыб, режимом работы водозабора.

Так, например, блочная компоновка рыбозащитного сооружения позволяет в определенные периоды отключать отдельные блоки в целях профилактики и текущего ремонта или при наличии выраженного дневного спада концентрации молоди рыб в водоисточнике увеличивать объем водоотбора и нагрузку на РЗС. Эти и другие особенности работы рыбозащитного сооружения устанавливаются в ходе исследований в период временной эксплуатации. По завершении периода временной эксплуатации рыбозащитное сооружение принимается в постоянную эксплуатацию государственной комиссией. При эксплуатации водозаборных и рыбозащитных сооружений в целях установления режимов их работы возникает необходимость рыбохозяйственной оценки условий района водоотбора. Как правило, для решения этой задачи должны быть проведены комплексные биолого-гидравлические исследования, получены данные о закономерностях распределения молоди рыб в водоисточнике, суточной и сезонной динамике ската рыб и др. Однако получение таких данных требует значительных материальных затрат и продолжительных исследований. Вместе с тем современные математические методы позволяют разрабатывать модели изучаемых процессов и оптимизировать условия их функционирования на основе ограниченного ряда данных об объекте исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов, Д.С. Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения / Д.С. Павлов, А.М. Пахорук. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 264 с.
2. Михеев, П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства / П.А. Михеев. – М.: Рома, 2000. – 405 с.

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

В.Н. Лозовой

ФГНУ «РосНИИПМ»

К числу важнейших факторов охраны здоровья человека относится обеспечение населения России качественной питьевой водой. Несмотря на то, что страна располагает огромными запасами питьевой воды и является крупнейшей водной державой мира, вопросы состояния водоснабжения в России вызывают серьезную озабоченность. Это обусловлено высоким бактериальным и вирусным загрязнением водоисточников, серьезными недостатками в очистке и обеззараживании воды из поверхностных источников, неудовлетворительным состоянием водопроводной сети. Санитарное состояние водоисточников первой категории (используемых для питьевого водоснабжения) остается неудовлетворительным: доля нестандартных по микробиологическим показателям проб составляет 23,7 % [1].

Многолетние данные гигиенического мониторинга состояния водных объектов свидетельствуют о том, что практически все водоисточники (как поверхностные, так и подземные) подвергаются антропогенному и техногенному воздействию различной степени интенсивности. Воды рек Волги, Дона, Кубани, Оби, Лены, Печоры, являющихся основными источниками водоснабжения, оцениваются как загрязненные, а их притоки – Ока, Кама, Северский Донец, Томь, Иртыш, Тобол, Миасс и др. – как очень загрязненные.

Причиной такого положения является постоянное и все более увеличивающееся поступление в поверхностные водоемы неочищенных или недостаточно очищенных, необеззараженных хозяйственно-бытовых сточных вод, количество которых составляет около 60 % всего объема сброса.

Ежегодно в стране регистрируется свыше 1000 аварийных выпусков неочищенных сточных вод. Во многих случаях сбрасываемые сточные воды не соответствуют нормированным условиям СанПиН 2.1.5.980-2000 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

Положение усугубляется тем, что в целом по стране 37 % водопроводных сооружений из открытых водоемов не имеют зон санитарной охраны, 34 % не оснащены полным комплексом очистных сооружений, 21 % – системами обеззараживания, причем эти показатели за последние пять лет имеют тенденцию к ухудшению [2].

Крайне неудовлетворительно решается вопрос сохранности питьевой воды в процессе доставки ее потребителю. В большинстве случаев водопроводные коммуникации эксплуатируются длительное время и их износ достигает 30-50 %. Водопроводные трубы в результате нарушения целостности не только перестают выполнять функцию защиты питьевой воды, но из-за вторичного загрязнения становятся носителями возбудителей кишечных инфекций [3].

Ежегодно в РФ регистрируется от 17 до 28 вспышек вирусного гепатита А. Причиной их возникновения чаще всего являлись аварии на водопроводных сетях и проникновения сточных вод в разводящие сети, а также недостаточная эффективность обработки и обеззараживания питьевой воды, перебои в ее подаче населению.

Одним из важнейших направлений профилактики заболеваемости кишечными инфекциями и вирусным гепатитом А является обеззараживание питьевой воды.

Наиболее распространенным методом обеззараживания воды во всем мире является хлорирование с использованием газообразного хлора, гипохлорита натрия, а в странах экономически менее развитых – хлорной известью.

Преимуществом хлорирования является достаточно высокая эффективность в отношении возбудителей бактериальных заболеваний, экономичность, пролонгированность действия, производимый эффект снижения цветности и перманганатной окисляемости.

Главный недостаток хлора – высокая токсичность, вызываемые им аллергические реакции, способность к образованию в воде хлорорганических соединений, многие из которых обладают канцерогенным и мутагенным действием, и недостаточная эффективность в отношении возбудителей вирусных и паразитарных заболеваний. В связи с этим во многих странах осуществляется поиск альтернативных средств и методов обеззараживания воды.

Из химических методов в качестве реагентов помимо органических соединений хлора используются такие вещества, как диоксид хло-

ра и озона, в которых обеззараживающим веществом является не активный хлор, а активный кислород. Диоксид хлора имеет преимущества по сравнению с хлором, так как при его использовании не образуются хлорорганические соединения. К недостаткам диоксида хлора относятся более высокая его стоимость, образование хлоритов, взрывоопасность, и в отдельных случаях неприятный запах воды. Озонирование является окислительным методом, способным вызывать в процессе обеззараживания образование токсичных и мутагенных побочных продуктов, что требует дополнительных стадий очистки для их удаления (например, сорбцию).

Из физических методов обеззараживания наиболее распространенный – ультрафиолетовое облучение (УФ). В отличие от окислительных методов, УФ облучение с применением ламп низкого давления способно обеспечивать высокий обеззараживающий эффект при практически полном отсутствии побочных продуктов.

Учитывая высокий уровень заболеваемости населения РФ кишечными инфекциями и вирусным гепатитом А, в значительной степени обусловленный водным фактором передачи возбудителя, необходимо активизировать усилия по решению проблемы эффективной очистки и обеззараживания питьевой воды, широко внедрять современные технологии в отношении устойчивых к хлору микроорганизмов, например УФ облучение, хорошо зарекомендовавшее себя в практике реальной эксплуатации.

Решение задач, связанных с обеспечением населения качественной питьевой водой, основано на улучшении инженерно-технического оснащения водопроводных станций, создании действенной правовой и нормативной базы в области санитарной охраны водоемков и питьевого водоснабжения и развитии системы санитарно-эпидемиологического контроля.

**На федеральном и региональном уровнях приоритетными**, на наш взгляд, являются следующие мероприятия:

- запрещение сброса неочищенных сточных вод в водоемы, являющиеся источниками питьевого водоснабжения;
- ужесточение экономических и административных мер воздействия к физическим и юридическим лицам, не соблюдающим требований санитарного законодательства в области охраны водоемов от загрязнения;

- ускорение принятия технических регламентов «О водоснабжении» и «О водоотведении»;

- координация деятельности заинтересованных служб и ведомств, осуществляющих эксплуатацию и технический контроль за объектами водоснабжения и водоотведения, в том числе и сельских поселений;

- расширение применения индивидуальных контейнерных систем для очистки воды на объектах спортивно-оздоровительных комплексов предприятий и учреждений, фермерских хозяйств.

**На уровне руководителей предприятий ЖКХ и Водоканалов:**

- внедрение высокоэффективных технологий очистки и обеззараживания воды;

- совершенствование технологии очистки питьевой воды на водопроводах из поверхностных источников, с использованием двухслойных безреагентных фильтров с гидравлической регенерацией фильтрующей загрузки;

- повышение профессионального уровня и ответственности обслуживающего персонала систем водоснабжения и водоотведения;

- оснащение производственных стационарных и передвижных лабораторий современным оборудованием, позволяющим проводить санитарно-химические, микробиологические и паразитологические исследования воды.

Таким образом, при подготовке питьевой воды процесс очистки и обеззараживания является одним из важнейших в сфере благополучия населения. Реализация мероприятий, направленных на улучшение ситуации, требует совместных усилий коммунальных служб и органов надзора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Онищенко, Г.Г. Эффективное обеззараживание воды – основа профилактики инфекционных заболеваний / Г.Г. Онищенко // Водоснабжение и сан. техника. – 2005. – № 12. – Ч. 1. – С. 8-12.

2. Филатов, Н.Н. Об актуальности вопроса обеззараживания воды в современных условиях / Н.Н. Филатов // Водоснабжение и сан. техника. – 2007. – № 10. – С. 2-4.

3. Лозовой, В.Н. Состояние водоснабжения и водоотведения в АПК России и пути их улучшения / В.Н. Лозовой, А.П. Васильченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. – Вып. 36. – Новочеркасск, 2006. – С. 35-40.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБЛИЦОВОК ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Ю.М. Косиченко, М.А. Чернов

ФГНУ «РосНИИПМ»

Применение облицовок для противофильтрационной защиты оросительных каналов позволяет успешно решать проблему предотвращения фильтрационных потерь, подтопления и засоления прилегающих земель. При этом использование противофильтрационных облицовок будет экономически и технически оправдано при обеспечении их высокой эффективности, эксплуатационной надёжности и долговечности.

Существующие конструкции противофильтрационных облицовок, в том числе с плёночными экранами, имеют даже для одних и тех же типов различную эффективность и эксплуатационную надёжность, что обуславливается целым рядом факторов. Среди основных факторов, влияющих на надёжность, следует выделить: конструктивные, технологические и эксплуатационные. Можно обеспечить высокую эффективность и надёжность облицовки за счёт использования усиленной конструкции с применением высоконадёжных полимерных материалов при высокой первоначальной стоимости, и наоборот, при малой стоимости облицовки, как правило, достигается невысокая эффективность и надёжность облицовки [1].

Под эффективностью в целом применительно к каналам ОС следует понимать оценку их работы по коэффициенту полезного действия и другим показателям. Наиболее важным показателем противофильтрационной эффективности облицовки канала является КПД канала, который зависит в первую очередь от конструкции, гидравлических и фильтрационных характеристик облицовки, технического состояния канала, грунтовых и гидрогеологических условий основания и качества ремонтно-восстановительных работ. В общем случае КПД канала можно представить следующей зависимостью:

$$\eta_{\text{обл.кан}} = f(Q, K_{\text{гр}}, h_{\text{г.в}}, L_{\text{к}}, Q_{\text{ф}}, Q_{\text{и}}, \Pi_{\text{обл}}, K'_{\text{обл}}), \quad (1)$$



где  $Q$  – расход канала;  $K_{гр}$  – коэффициент фильтрации грунта основания (ложе канала);  $h_{г.в}$  – глубина залегания уровня грунтовых вод;  $L_k$  – длина канала;  $Q_\phi$  – потери на фильтрацию из канала;  $Q_{и}$  – потери на испарение;  $\Pi_{обл}$  – параметры поврежденности облицовки;  $K'_{обл}$  – характеристика водопроницаемости облицовки (осредненный коэффициент фильтрации облицовки).

Согласно данной зависимости (1), КПД облицованного канала будет зависеть от общих данных по каналу, характеризующих его гидравлические и фильтрационные параметры ( $Q, K_{гр}, h_{г.в}$ ), данных потерь ( $Q_\phi, Q_{и}$ ), данных по облицовке ( $\Pi_{обл}, K'_{обл}$ ), а также от протяженности канала ( $L_k$ ).

Потери на фильтрацию из каналов рекомендуется вычислять по формуле Веригина – Васильева (при свободной фильтрации через облицовку) [2]:

$$Q_\phi = k'_{обл} \left[ \frac{b(h_0 + \delta_0)}{\delta_0} + 2mh_0 + \frac{h_0}{\delta_0} \sqrt{1 + m^2} \right],$$

где  $b$  – ширина канала по дну;  $\delta_0, \delta'_0$  – толщина облицовки соответственно по дну и на окосах;  $m_0$  – коэффициент заложения откосов;  $h_0$  – глубина воды в канале.

Потери на испарение вычисляются по формуле А.Н. Костякова:

$$Q_{и} = 0,0116h_0e(\alpha + 2m)L_k.$$

Осредненный коэффициент фильтрации облицовки  $k'_{обл}$  служит основным показателем ее водопроницаемости и определяется по теоретическим зависимостям или по данным натуральных исследований [1]:

$$k'_{обл} = \frac{\pi k \delta_0}{r_0 \ln(8\delta_0/\pi r_0)} \left[ \Pi_{доп} - \sqrt{2(\delta_{\Pi доп}^2 + \delta_{\Pi}^2)} \sqrt{\ln \frac{\tau_0 \gamma \bar{v}_{\Pi}}{(-\ln P)}} \right],$$

где  $\bar{r}_0 = \sqrt{\bar{\Pi}/\pi}$  – средний радиус условных отверстий пленочного экрана, равномерно определенных по площади;  $\tau_0$  – предельный срок службы экрана (облицовки);  $P$  – вероятность безотказной работы;  $\bar{v}_{\Pi}$  – средняя интенсивность повреждений;  $\Pi_{доп}$  – допускаемая повреждаемость пле-

ночного экрана;  $\sigma_{\Pi}$  – среднеквадратические отклонения повреждаемости плёночного экрана.

Показателем надежности облицовок с пленочными экранами является повреждаемость пленочного элемента  $\Pi$ , образуемая главным образом в период строительства, либо реконструкции. Для определения расчётной повреждаемости пленочного экрана бетонопленочных облицовок при наличии отверстий (проколов) в экране может быть использована формула [1]:

$$\Pi = \frac{k'_{\text{обл}} \beta_0 \bar{r}_0 \text{Arch}\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)}{\pi k (h_1 + H_{\kappa}) (b + 2h_0 \sqrt{1 + m_0^2})},$$

где  $\Pi = \omega_{\text{пов}} / F_0$  – относительная поврежденность пленочного элемента;  $\omega_{\text{пов}}$  – общая площадь повреждений на площади облицовки  $F_0$ ;  $\alpha, \beta_0$  – расчетные параметры;  $\bar{r}_0$  – среднестатистическое значение радиуса отверстия (прокола).

Другими показателями эффективности и надежности противofильтрационных облицовок являются [3]:

- показатель технического состояния канала при эксплуатации:

$$P_{\text{э}} = \frac{\eta_{\text{обл.кан}}}{\eta_{\text{тр}}};$$

- вероятность безотказной работы облицовки:

$$P = \frac{N_0 - n(t)}{N_0};$$

- коэффициент эффективности облицовки:

$$\eta_{\text{э}} = \frac{Q_{\text{ф.зэм}}}{Q_{\text{ф.обл}}};$$

- срок службы противofильтрационной облицовки:

$$\tau_0 \{P\} = \frac{\ln P}{\gamma v_{\Pi}} \exp \left[ \frac{(\Pi_{\text{доп}} - \bar{\Pi}_{\text{экс}})^2}{2(\sigma_{\Pi_{\text{доп}}}^2 + \sigma_{\Pi}^2)} \right],$$

где  $\eta_{\text{обл.кан}}$  – фактический КПД оросительной системы или канала;  $\eta_{\text{тр}}$  – требуемый КПД оросительной системы;  $N_0$  – число однородных элементов облицовки (например, плит) по длине канала;  $n(t)$  – число отказавшихся (разрушенных) элементов облицовки за время работы канала;  $Q_{\text{ф.зем}}$  – фильтрационный расход через основание;  $Q_{\text{ф.обл}}$  – фильтрационный расход через облицовку;  $\Pi_{\text{доп}}, \bar{\Pi}_{\text{экс}}$  – соответственно допускаемое и среднее эксплуатационное значение повреждений облицовки;  $\sigma_{\Pi_{\text{доп}}}, \sigma_{\Pi}$  – среднеквадратичное отклонение допускаемого и среднеэксплуатационного значения поврежденности;  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий повреждаемость пленочного элемента.

Значения требуемых и нормативных показателей работы канала – КПД, осредненного коэффициента фильтрации облицовки, показателя технического состояния и вероятности безотказной работы приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Рекомендуемые значения требуемых (нормативных) показателей различных типов противофильтрационных облицовок каналов**

Тип облицовки	Требуемые (нормативные) показатели			
	$\eta_{\text{тр}}$	$P_{\text{э.тр}}$	$P_{\text{тр}}$	$k'_{\text{обл.доп}} \cdot 10^{-6}$ см/с
Бетонная монолитная	$\geq 0,94$	0,95	0,95	3,0-5,0
Бетонная сборная				5,0-10,0
Железобетонная монолитная				2,5-3,5
Железобетонная сборная				4,5-7,0
Железобетонная сборно-монолитная				3,5-4,5
Бетонопленочная монолитная	$\geq 0,96$	0,96	0,97	0,1-0,5
Бетонопленочная сборная				1,0-1,5
Бетонопленочная сборно-монолитная				0,5-1,0
Бетонопленочная повышенной надежности с применением геомембран	$\geq 0,98$	0,97	0,99	0,1-0,5

На основании анализа опыта эксплуатации противофильтрационных облицовок каналов [2] предлагаем следующие критерии их эффективности и надежности:

$$\frac{\eta_{\text{обл.кан}}}{\eta_{\text{тр}}} \geq 1; \frac{k'_{\text{обл}}}{k'_{\text{обл.доп}}} \geq 1; \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{э.тр}}} \geq 1; \frac{P}{P_{\text{тр}}} \geq 1.$$

Учитывая, что на практике противотрещинообразующая эффективность для многих каналов ниже требуемых норм, условия эксплуатационной надежности облицовок аналогично руслам каналов [4] можно представить в виде:

- по водопроницаемости облицовки:

$$\varphi(k'_{обл}) = k'_{обл} - k'_{обл.доп}; \alpha_0 k'_{обл.доп} \geq \varphi(k'_{обл}) \geq 0;$$

- по повреждаемости облицовки:

$$\varphi(\Pi_{обл}) = \Pi_{обл} - \Pi_{обл.доп}; \beta_0 \Pi_{обл.доп} \geq \varphi(\Pi_{обл}) \geq 0;$$

- по вероятности безотказной работы облицовки:

$$\varphi(P_{обл}) = P_{обл.тр} - P_{обл}; \sigma_0 P_{обл.тр} \geq \varphi(P_{обл}) \geq 0,$$

где  $k'_{обл}, k'_{обл.доп}$  – фактический и допустимый коэффициент фильтрации облицовки;  $\alpha_0, \beta_0, \sigma_0$  – коэффициенты допустимого снижения нормативных показателей, принимаемые по результатам статистической обработки натурных данных.

Кроме того, здесь следует также учитывать условия эксплуатационной надежности каналов, как:

$$\varphi(\eta_{обл}) = \eta_{обл.тр} - \eta_{обл}; \delta_0 \eta_{обл.тр} \geq \varphi(\eta_{обл}) \geq 0;$$

$$\varphi(P_{Э_{обл}}) = P_{Э_{обл.тр}} - P_{Э}; \mu_0 P_{Э_{обл.тр}} \geq \varphi(P_{Э_{обл}}) \geq 0,$$

где  $\eta_{обл}, \eta_{обл.тр}$  – фактический и требуемый КПД канала;  $P_{Э_{обл}}, P_{Э_{обл.тр}}$  – фактический и требуемый показатели технического состояния канала.

В табл. 2 представлены значения основных критериев эффективности и надежности некоторых каналов Южного федерального округа.

Анализируя эти данные, можно отметить высокие значения КПД для трех оросительных каналов (БСК – 3, ЛКХ – 1 Прохладненская ОС, канала им. Октябрьской революции), которые изменяются от 0,92 до 0,97, коэффициент эффективности облицовки  $\eta_0$ , составляющий от 18 до 25, а также показателя гидравлической эффективности и надежности  $P_0$ , равного 0,97, что соответствует техническим требованиям. Высокие значения этих показателей обусловлены наличием на всем протяжении канала наиболее эффективной бетоноплочной облицовки.

Таблица 2

## Показатели эффективности и надежности противofiltrационных облицовок каналов

Канал	Тип облицовки	Коэффициент фильтрации облицовки, $k'_{\text{обл.доп}} \cdot 10^{-6}$ см/с	Показатель технического состояния канала, $P_3$	Коэффициент эффективности облицовки, $\eta_3$	КПД, $\eta$
Канал ЛКХ – 1 Прохладненская ОС	Бетоноплочная монолитная	1,02-1,94*	0,94	25,0	0,95
БСК-3	Бетоноплочная сборно-монолитная	0,61-3,00*	0,97	18,2	0,97
Распределительный канал БГ-Р-7 Багаевско-Садковской ОС	Бетоноплочная сборная	2,94-8,66*	0,71	11,1	0,75
Распределительный канал БГ-Р-8 Багаевско-Садковской ОС	Бетоноплочная сборная	–	0,84	13,3	0,8
МК Заволжской ОС	Сборная железобетонная	4,5-8,3*	–	17,0	–
МК Большой Волгоградской ОС	Бетоноплочная сборно-монолитная	1,5-3,7*	–	18,2	–
Канал им. Октябрьской революции	Бетоноплочная	–	0,97	23,3	0,92
* – Данные получены с использованием результатов натурных исследований [2].					

Однако большинство каналов Южного федерального округа имеют невысокую гидравлическую эффективность как по показателю КПД, так и по показателю гидравлической эффективности и надежности  $P_3$ .

Значения КПД их изменяются от 0,75 до 0,89, а значения показателя  $P_3$  – от 0,71 до 0,94. Такие низкие показатели эффективности оросительных этих каналов можно объяснить большой степенью износа противофильтрационной облицовки и повреждениями пленочного противофильтрационного элемента, что связано с невыполнением текущих плановых ремонтных работ на каналах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Выбор эффективной и надежной противофильтрационной защиты русел открытых каналов при реконструкции оросительных систем: рекомендации / В.Н. Щедрин [и др.]. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФО, 2008. – 68 с.

2. Ищенко, А.В. Повышение эффективности и надежности противофильтрационных облицовок оросительных каналов / А.В. Ищенко. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2006. – 212 с.

3. Щедрин, В.Н. Эксплуатационная надежность оросительных систем / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов. – Ростов н/Д, 2004. – 388 с.

4. Методика расчета гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности оросительных каналов / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, Ю.И. Иовчу. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2008. – 55 с.

УДК 627.8.001.63:550.3.001.18

### **ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АКТИВИЗАЦИИ НЕГАТИВНЫХ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ IV КЛАССА**

А.М. Кореновский  
ФГНУ «РосНИИПМ»

При проектировании гидротехнических сооружений согласно проекту специального регламента «О безопасности гидротехнических

сооружений» необходимо учитывать изменения природных условий, которые могут привести к развитию и активизации негативных физико-геологических, гидрогеологических и геодинамических процессов:

- повышение активности ближайших сейсмогенерирующих разломов;

- подтопление и затопление территорий. Для районов распространения многолетнемерзлых пород оценка подтопления должна производиться в комплексе с прогнозированием динамики геокриологических условий;

- переработка берегов и заиление водохранилищ, трансформация русел в бьефах;

- химическая суффозия растворимых карстовых пород, вымыв из грунтов основания и накопление в них потенциально вредных химических и радиоактивных веществ; отжатие из глубинных подземных вод сильноминерализованных, термических и радиоактивных вод и т.д.;

- механическая суффозия песчаных грунтов, суффозионного карста;

- возникновение и активизация оползней;

- всплытие и растворение торфов, их влияние на химический состав воды в водохранилище, на изменение свойств пород оснований, на гидрохимический режим грунтовых вод и выход фильтрационного потока в нижнем бьефе;

- просадочные деформации оснований, сложенных лессовыми грунтами;

- осадки при оттаивании пород в основаниях сооружений напорного фронта и ложа водохранилищ; процессы термоабразивной и термокарстовой переработки берегов чаши водохранилища и его уровня режима;

- термокарстовые процессы в береговой зоне водохранилища, в пределах его микроклиматического воздействия;

- активизация термоэрозии;

- наледеобразование, в том числе в строительных котлованах, во врезках, подземных выемках, нижнем бьефе, на откосах плотин;

- криогенное (мерзлое) пучение;

- возникновение и активизация специфических склоновых процессов.

Для сооружений какого класса и пользуясь какими методиками – в данном документе не указано. В данной статье будут частично рассмотрены вопросы создания комплексного метода для прогноза активизации негативных физико-геологических процессов.

При проектировании гидротехнических сооружений IV класса затраты на проектные работы не так значительны по сравнению с затратами на строительство, но с вступлением в силу регламента могут существенно возрасти (до 50 %), и само проектирование перестанет быть рентабельным в связи с привлечением массы специалистов-экспертов в различных научных областях, либо же, что еще более накладно для проектировщика, с привлечением сторонних специализированных организаций. Так же, во исполнение требований регламента, значительно увеличивается доля предпроектных изысканий, а следовательно, и затраты на них, в связи с более детальным изучением как района строительства, так и предполагаемой зоны влияния гидротехнического сооружения. Понятно, что все прогнозируемые изменения природной среды, представленные в регламенте, подлежат учету, но принимая во внимание экономический аспект, предлагается для сооружений IV класса применять несколько упрощенные методы сбора, обработки и анализа данных.

Прогнозирование повышения активности ближайших сейсмогенерирующих разломов предлагается проводить совместно с расчетами сейсмической устойчивости гидротехнического сооружения. Карты сейсмического районирования [1], на которые ссылается СНиП [2], указывают лишь на сейсмичность района строительства, и для прогнозирования повышения активности они могут использоваться как справочный материал. Использование тектонических карт активных разломов применимо только совместно с данными региональных сеймостанций, в связи с их непостоянной динамикой, и только для районов с высокой и средней сейсмической активностью. Для гидротехнических сооружений IV класса в районах с низкой сейсмической активностью важными являются не столько вертикальные перемещения, сколько горизонтальные (разрывные) перемещения земной коры, вызванные микросейсмическими колебаниями и медленно текущими геодинамическими процессами. Для прогноза изменения сейсмического состояния целесообразно пользоваться методами линеаментной тектоники [3], используя упрощенную дискретно-иерархическую мо-



дель земной коры [4], разделяя район строительства и влияния ГТС на блоки сравнительно небольшой длины. Для территорий, в которых имеются кольцевые структуры, необходима их увязка с блоками, и только после этого деление на еще более малые блоки [5]. Использование программного обеспечения, разработанного в НИИКАМ, значительно сократит время обработки и анализа данных [6]. И самым дешевым, но наименее точным является метод эманационной съемки, который заключается в измерении уровня радона и сравнения показаний с нормативными значениями. Этим методом в Ростовской области была выделена и оконтурена Аксайско-Калитвенская геодинамическая зона неотектонических глубинных движений земной коры [7].

Оценку подтопления территории целесообразно проводить, опираясь на карты гидроизогипс совместно с фильтрационными расчетами. Как указано в регламенте, для районов распространения многолетнемерзлых пород оценка подтопления должна производиться в комплексе с прогнозированием динамики геокриологических условий. Требование, по всей видимости, продиктовано желанием всестороннего изучения участка района строительства, без учета экономических реалий. Прогнозирование динамики геокриологических условий в районе строительства будущего ГТС – мероприятие весьма и весьма затратное, поэтому при проектировании сооружений IV класса предлагается делать заключение на основании данных метеостанций, реальном промерзании грунта и справочных карт, т.е. аналитическим путем. На участках с пониженной кровлей вечномерзлых грунтов возможно использование расчетов, изложенных в работе [8].

Прогноз заиления водохранилища, трансформации русел в бьефах производится согласно гидрологическим расчетам в обязательной части проекта. Касательно вопроса переработки берегов водохранилища – здесь, с некоторым допущением, можно использовать метод аналогий [9].

Наличие карстовых пустот (воронок) рекомендуется определять на основании архивных данных инженерно-геологической съемки местности. Если данные процессы в районе строительства все же имеют место, целесообразно определить масштаб этого процесса по данным дистанционного зондирования и дешифровки космических снимков с помощью экспертных систем для решения природоресурсных задач «Genesis» [6]. Прогнозирование возникновения и активизации ополз-

ней предлагается проводить в тесной увязке с гидрогеологическими и климатическими изысканиями, так как возникновение оползня имеет различное происхождение. Наибольший интерес представляют сплывы и оплывы берегов водохранилища в период его наполнения и за счет фильтрации из него в период эксплуатации, а также за счет питания потенциально оползневых склонов осадками. Процесс прогнозирования такого рода явлений невозможен без полевых обследований места строительства.

Прогноз просадки оснований, сложенных лессовыми грунтами, если таковые имеют место в районе строительства, требует целого ряда отдельных исследований, это обусловлено тем, что отбор проб, определение механических характеристик и обработка данных, любых слабых грунтов, в том числе и лессовых, производится по несколько иным методикам [10].

Прогнозирование процессов активизации термоабразии и термокарста целесообразно только в случае распространения на площадке строительства ископаемых или погребённых льдов. В силу сложности температурных расчетов и недостаточной их изученности, отсутствия программного обеспечения прогнозирования этих процессов на стадии проектирования возможно только теоретически. Возникновение и активизацию специфических склоновых процессов, таких как абразия (переработка) берегов, и более сложных – медленно текущий крип и другие, неявные эндогенные и экзогенные процессы, возможно прогнозировать без привлечения большого числа специалистов. Основными факторами, определяющими активность переработки берегов водохранилищ, являются: колебания уровней водохранилищ, направления и сила ветров, энергия волн, а также геолого-геоморфологическое строение берегов. Колебания уровней водохранилищ и энергия волн являются расчетными гидрологическими характеристиками. Направление и сила ветра, а также геолого-геоморфологическое строение берегов устанавливаются из материалов изысканий.

Благодаря решению рассмотренных вопросов, при проектировании сооружений IV класса осуществление всестороннего прогноза активизации нежелательных процессов изменения природной среды возможно с наименьшими затратами финансовых и трудовых ресурсов.

По сути, все процессы, на которые указывает регламент, могут быть объективно спрогнозированы без привлечения сторонних организаций, в достаточном объеме для прохождения проектной экспертизы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Уломов, В.И. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населённых пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. – М., 1999. – 57 с. Карта на 4-х листах; / гл. ред. В.Н. Страхов, В.И. Уломов – М.: Роскартография, 2000.

2. СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1984. – 50 с.

3. Кац, Я.Г. Основы линейной тектоники / Я.Г. Кац, А.И. Полетаев, Э.Ф. Румянцева. – М.: Недра, 1986. – 144 с.

4. Бенедик, А.Л. Построение структурных моделей земной коры на разном иерархическом уровне / А.Л. Бенедик, А.В. Иванов, Г.Г. Кочарян // СО РАН ФТПРПИ. – 1995. – № 5. – С. 31-42.

5. Бенедик, А.Л. Иерархия энергонасыщенных зон земной коры / А.Л. Бенедик, Г.Г. Кочарян, Е.Г. Бугаев // Нестационарные процессы в верхних и нижних оболочках земли (Геофизика сильных возмущений): сб. науч. тр. – М.: ИДГ РАН, 2002. – 627 с: ил.

6. Экспертная система «Генезис». Представление знаний для решения природоресурсных задач / под ред. Е.П. Вострокнутова. – СПб.: Изд-во «Анатолия», 2006. – 274 с.

7. Клещенков, А.В. К вопросу индикации медленнотекущих геодинамических процессов по комплексу параметров / А.В. Клещенков: материалы IX Всерос. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов «Геологи XXI века»: (Саратов, 2-4 апреля 2008 г.). – Саратов: Изд-во СО ЕАГО, 2008. – 174 с.

8. Кутвицкая, Н.Б. Геокриотехнические расчеты термостабилизированных грунтовых оснований сооружений на участках с пониженной кровлей вечномерзлых грунтов / Н.Б. Кутвицкая, С.Е. Гречищев, М.А. Магомедгаджиева // Труды «Фундаментпроекта». – 2006. – № 9 (к 55-летию института). – С. 37-38.

9. Количко, А.В. Применение метода инженерно-геологических аналогий для обоснования проектов гидротехнических сооружений / А.В. Количко // Геоэкология. – 2004. – № 2. – С. 161-166.

10. Будикова, А.М. Штаповые испытания лессовых грунтов как оснований гидротехнических сооружений / А.М. Будикова, С.Г. Юрченко: материалы Международной науч.-практ. конф. «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем». – М.: МГУП, 2006.

УДК 627.824.31.001.25

## **О ВЫБОРЕ КРИТЕРИАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН**

Д.А. Чернова

ФГНУ «РосНИИПМ»

Безопасность грунтовой плотины обеспечивается совокупностью большого числа функциональных сфер, каждая из которых характеризуется своими критериальными показателями безопасности. Произвести же оценку состояния грунтовой плотины комплексно, по значению одного параметра, в настоящее время не представляется возможным, хотя такой принцип имеет большие преимущества и перспективу широкого применения [1-5].

Практика определения критериальных значений показателей безопасности грунтовых плотин требует использовать измеримые и сопоставимые показатели с возможностью их комплексного выражения. Для этого оценку технического состояния и безопасности следует проводить на основе учета состояния отдельных функциональных сфер плотины, ее узлов и элементов.

К установлению единого критериального показателя, выражающего техническое состояние и безопасность грунтовой плотины в целом, можно прийти путем систематизации критериальных показателей каждого её функционального элемента при помощи различных методов аналитических решений. Саму же оценку технического состояния и безопасности грунтовых плотин можно определить величиной общего критериального показателя безопасности (ОКПБ), пред-

ставляемого в виде суммы оценок всех выбранных для оценки элементов и узлов плотины.

Необходимость использования принципа структурного анализа обусловлена отсутствием объективных методов оценки влияния комплекса разнородных показателей оценки, ввиду того, что наглядность и сравнимость анализов воздействия факторов на ОКПБ до сегодняшнего дня в арсенале исследователей не имеется. Оценка технического состояния и безопасности грунтовых плотин должна выполняться постепенно, охватывая следующие этапы:

1. Установление отдельных элементов грунтовой плотины, влияющих на ОКПБ.

2. Определение количественного значения критериальных показателей выделенных элементов грунтовой плотины.

3. Оценка критериальных показателей по шкале балльной системы.

4. Иерархизация критериальных показателей.

5. Расчет ОКПБ.

При этом необходимо учитывать то, что ни один из этапов, взятый в отдельности, не в состоянии дать картину влияния того или иного критериального показателя, входящего в состав плотины элемента, на ОКПБ. Этого можно добиться, только представив его полную оценку по отношению к ОКПБ в виде произведения веса фактора –  $\psi_i$  на его значение в баллах –  $b_i$ .

Решение первого этапа предполагает использование следующих принципов:

а) отбор отдельных элементов плотины, определяющих большее или меньшее влияние на оценку технического состояния и безопасность грунтовых плотин;

б) отбор критериальных показателей оцениваемых элементов обуславливается масштабом их воздействия на грунтовую плотину;

в) отбор критериальных показателей предполагает отсутствие среди них критериальных показателей опосредованного воздействия;

г) отбор элементов плотины исключает учет тех из них, влияние которых на безопасность плотины изучено слабо.

Выполнение второго этапа заключается в количественной оценке отдельных критериальных показателей, т.е. в определении величин, характеризующих их как отобранные из общей совокупности.

Основой оценки является сравнение полученных величин критериальных показателей с теоретически оптимальными величинами. Сравнение производится с помощью показателей, характеризующих их содержание, при этом показатели могут быть количественные или качественные. Первые легко измеряются и выражаются достаточно точно, что исключает субъективность в их оценке. Выражение вторых затруднено. Поэтому все показатели, отобранные для оценки элементов и узлов грунтовой плотины, делятся на три вида: вид  $J_1$  – количественный, вид  $J_2$  – переходный, вид  $J_3$  – качественный.

На третьем этапе критериальные показатели, отобранные для оценки элементов и узлов грунтовой плотины, оцениваются баллами согласно принимаемой исполнителем классификации системы балльных оценок, единых для всех оцениваемых критериальных показателей. Нами предлагается трехступенчатая классификация со следующей балльной шкалой:

- а) в хорошем техническом состоянии – 2 балла;
- б) в удовлетворительном техническом состоянии – 1 балл;
- в) в неудовлетворительном техническом состоянии – 0 баллов.

Нижнее, нулевое значение приписывается критериальному показателю, когда характеризуемый им узел или элемент грунтовой плотины имеет настолько низкие технические данные, что его функционирование в дальнейшем становится нежелательным и невозможным.

Принятие оценки «1 балл» свидетельствует о необходимости выполнения текущего ремонта оцениваемого элемента грунтовой плотины.

Оценка «2 балла» даёт основание считать узел или элемент грунтовой плотины вполне пригодным для дальнейшей эксплуатации.

Балльная оценка факторов может проводиться в табличной форме.

Помимо оценки технического состояния каждого элемента сооружения, необходимо так же произвести оценку всего сооружения по уровню безопасности в соответствии с Регистром гидротехнических сооружений: нормальный уровень, пониженный уровень, неудовлетворительный уровень, опасный уровень.

Четвертый этап – иерархизация критериальных показателей и определение их веса. Его выполнение затруднено невозможностью

объективного представления последовательности отдельных показателей по степени их важности. Для решения данной проблемы возможно использование экспертных методов, позволяющих перейти от качественного сравнения значений к количественному. Наиболее приемлемыми для решения целей настоящей работы являются два метода [1]:

а) метод частичного парного сравнения. Его преимуществом является упорядочение всех принимаемых в расчет факторов по их значимости;

б) метод полного парного сравнения.

Оба метода в своей основе образуют комбинацию пар рассматриваемых элементов грунтовой плотины и предполагают использование таблиц треугольников Фуллера [1], позволяющих сравнивать все пары и определять в каждой из них наиболее значимый для оценки технического состояния и безопасности грунтовой плотины ее элемент. Его вес и значимость определяются числом случаев, где он оценивается как более важный.

Отличие методов состоит в том, что во втором методе число сравнений удваивается, и вместо комбинации пар образуются пары факторов. При этом каждая пара фигурирует в сопоставлении дважды, что позволяет исключить возможность ошибки и случайных заключений.

В случае использования метода частичного парного сравнения, являющегося базовым для иерархизации, прежде всего устанавливаются узлы и элементы грунтовой плотины, принимаемые во внимание при оценке её технического состояния и безопасности. Обозначив число отобранных для этой цели составляющих грунтовой плотины как « $n$ », можно составить комбинацию факторов второго класса, где число пар будет:

$$\theta = \frac{n(n-1)}{2}.$$

Эти пары записываются в таблицу треугольников Фуллера по следующей схеме:

1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	1	1
2	3	4	5	6	.	.	.	.	.	.	(n-1)	n
	2	2	2	2	.	.	.	.	.	.	2	2
	3	4	5	6	.	.	.	.	.	.	(n-1)	n
		3	3	3	.	.	.	.	.	.		3
			.	.	.	.	.	.	.	.		.
				.	.	.	.	.	.	.		.
											(n-1)	
												n.

Такая запись позволяет при взаимном сравнении двух элементов грунтовой плотины легко определить, который из них более весом или значителен для оценки технического состояния и безопасности грунтовой плотины. Сравнение производится для каждой пары. При сопоставлении факторов необходимо соблюдать закон транзитивности: если оказывается предпочтение элементу «*m*» перед элементом «*t*», а элементу «*t*» – перед элементом «*l*», то элемент «*l*» нельзя предпочесть элементу «*m*».

Результаты выполнения первых четырех этапов позволяют осуществить и пятый этап определения ОКПБ.

Его значения *T*, согласно вышеприведенному определению, вычисляются по зависимости:

$$T = \sum_{i=1}^n \Psi_i \cdot b_i,$$

где  $\Psi_i$  – вес фактора;  $b_i$  – балльная оценка.

При этом в случае использования рекомендуемых методов парного сравнения возникает возможность установить экстремальные значения ОКПБ в интервале используемой балльной шкалы. В предлагаемой шкале этот интервал представлен значениями  $b_{\min} = 0$ , а  $b_{\max} = 2$ . В то же время здесь существует связь между суммой возможных пар  $\theta$  и суммой весов факторов  $\sum_{i=1}^n \Psi_i$ , образующихся при парной оценке. Эта связь представляет собой выражение:

$$\theta = \frac{n(n-1)}{2} = \sum_{i=1}^n \Psi_i. \tag{1}$$

Минимальные значения ОКПБ –  $T_{\min}$  будет иметь в том случае, когда все факторы совокупности примут минимальные значения  $b_{\min}$ ,



согласно принятой нами трехступенчатой классификации  $b_{\min} = 0$ . Тогда, исходя из (1),

$$T_{\min} = \frac{n(n-1)}{2} \cdot b_{\min} .$$

Рассуждая аналогично, для случая, когда все факторы совокупности будут иметь максимальную балльную оценку  $b_{\max}$ , по принятой балльной шкале  $b_{\max} = 2$ , можно определить и максимальное значение ОКПБ –  $T_{\max}$  :

$$T_{\max} = \frac{n(n-1)}{2} \cdot b_{\max} . \quad (2)$$

Полученные значения  $T_{\min}$  и  $T_{\max}$  в соответствии с принятой классификацией системы балльной оценки можно интерпретировать:  $T_{\min}$  как неудовлетворительное техническое состояние, а  $T_{\max}$  – как хорошее техническое состояние. Кроме этого, используя значение  $T_{\max}$ , можно определить ОКПБ и как долю оптимальной (наивысшей из возможных) оценки технического состояния и безопасности грунтовой плотины для конкретного  $i$ -го случая, из (2) получим:

$$T_{\%i} = \frac{T_i}{T_{\max}} \cdot 100 = \frac{200 \cdot T_i}{n(n-1) \cdot b_{\max}} .$$

Значению  $T_{\%}$  может соответствовать нормированный общий критериальный показатель безопасности (НОКПБ). Этим показателем удобно пользоваться при оперативной оценке технического состояния и безопасности объекта.

Вместе с тем следует отметить, что ни  $T$  (ОКПБ) и ни  $T_{\%}$  (НОКПБ) сами по себе не являются достаточными для оценки технического состояния и безопасности грунтовой плотины. Так, если показатель может принимать высокие значения (60-90 %), а один из выбранных для оценки элементов при этом получает оценку «0» баллов, то очевидным становится значительная степень угрозы развития аварийной ситуации.

Серьезной проблемой определения ОКПБ является сама оценка совокупности отобранных элементов, влияющих на техническое состояние и безопасность грунтовой плотины. При этом их количество, в объеме 40-50, следует считать границей, сохраняющей достаточность возможностей пар.

Для расчёта величины ОКПБ в совокупности факторов отобранных элементов и узлов грунтовой плотины необходимо выполнить их разделение по характерным признакам.

При этом безопасность грунтовой плотины определяется через построение графоаналитической модели её надежности, деревьев отказов узлов и элементов, составляющих объект, и характеризующих логические и вероятностные отношения между отказами и их причинами [6]. При этом рассматриваем отказы, возникающие как результат воздействий на плотину как внешних факторов, так и внутренних факторов, являющихся причиной изменения состояния узлов и элементов сооружения. Отдельной совокупностью следует выделять социально-экологические факторы продуцирования отказов функционирования грунтовой плотины.

К факторам внешних воздействий относим:

- а) воздействия, определяемые климатическими факторами;
- б) воздействия, имеющие в своей основе физические процессы;
- в) воздействия, обусловленные биологическими процессами;
- г) воздействия, в основе которых лежат химические процессы.

К факторам внутренних воздействий относим:

- а) воздействия, возникающие в короткий промежуток времени и изменяющие состояние узлов и элементов плотины (например, вибрация);
- б) воздействия, имеющие сезонную природу (например, изменения расхода фильтрационного потока дренажных систем);
- в) воздействия, происходящие в узлах и элементах плотины в течение всего периода её эксплуатации (механическая и химическая суффозия).

К социально-экологическим факторам относится оценка критического состояния объекта для решения вопроса продления его эксплуатации [3]. При этом необходимо учитывать ограниченность ресурсов общества во вложение средств в грунтовые плотины для предотвращения аварий на устаревших, деградированных объектах [3].

Результаты оперативно выполненной оценки технического состояния и безопасности грунтовых плотин дают возможность хозяйствующему субъекту принять оптимальное инженерно-техническое решение, позволяющее определить экономическую целесообразность

и технологическую безопасность дальнейшего участия грунтовой плотины в производственном цикле.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гогоберидзе, М.И. Методика организации комплексной экспертизы хозяйственных объектов / М.И. Гогоберидзе // Гидротехническое строительство. – 1991. – № 7. – С. 41-44.

2. Мирцхулава, Ц.Е. Стохастические модели по оценке реагирования на воздействия природных катастроф / Ц.Е. Мирцхулава // Гидротехническое строительство. – 1991. – № 7. – С. 6-7.

3. Мирцхулава, Ц.Е. Возможные подходы для принятия решения о продолжительности эксплуатации гидротехнического сооружения в условиях риска / Ц.Е. Мирцхулава // Гидротехническое строительство. – 2006. – № 2. – С. 36-44.

4. Золотов, Л.А. К вопросам о надежности гидротехнических сооружений и критериях безопасности / Л.А. Золотов, И.Н. Иващенко, А.И. Царев // Гидротехническое строительство. – 1991. – № 7. – С. 23.

5. Румянцев, И.С. Проблемы гидротехнического строительства в России / И.С. Румянцев // Природообустройство. – 2008. – № 1. – С. 12-16.

6. Штильман, В.Б. Повышение надежности водопроводящих трактов гидротехнических сооружений на основе методов системного анализа работы затворов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.Б. Штильман. – СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2005.

УДК 626.821.004:626.14.001.18

## ОЦЕНКА ПРОГНОЗНОГО СРОКА СЛУЖБЫ КАНАЛА

Ю.И. Иовчу

ФГНУ «РосНИИПМ»

При эксплуатации каналов оросительных систем важное значение имеет прогноз их срока службы для принятия решения о необходимости проведения ремонтных и профилактических мероприятий с целью его продления до нормативного уровня.

Для обеспечения эксплуатационной надежности оросительного канала необходимо, чтобы параметр суммарного относительного по-

вреждения (деформации) русла не превышал некоторую допускаемую предельную величину.

Параметр суммарного относительного повреждения (деформации) русла земляного канала можно рассчитать по формуле [1]:

$$\bar{P}_{\text{зем}} = \sum_i (P_{\text{зем}_i} / P_{\text{зем}_i \text{пр}}),$$

где  $P_{\text{зем}_i}$  – мера повреждений, накопленных на  $i$ -м этапе эксплуатации (например, размывов русла земляного необлицованного канала при превышении скоростей течения допускаемых значений для грунта русла);

$P_{\text{зем}_i \text{пр}}$  – предельная мера повреждений (размывов земляного русла) в условиях  $i$ -го этапа эксплуатации, которая для земляного русла канала ориентировочно может быть принята 30-50 % от поверхности русла.

Параметр суммарного относительного повреждения облицовки (деформации плит облицовки и их стыков) для облицованного канала определяют как:

$$\bar{P}_{\text{обл}} = \sum_i (P_{\text{обл}_i} / P_{\text{обл}_i \text{пр}}),$$

где  $P_{\text{обл}_i}$  – мера повреждений или разрушений облицовки канала и швов, накопленных на  $i$ -м этапе эксплуатации;

$P_{\text{обл}_i \text{пр}}$  – предельное значение меры повреждений или разрушений облицовки и швов на  $i$ -м этапе эксплуатации, которое ориентировочно принимается в пределах 10-20 % от общей площади облицовки.

В общем случае эксплуатационная надежность русла канала (земляного или облицованного) будет обеспечиваться при соблюдении следующего условия:

$$\bar{P} \leq \bar{P}_{\text{доп}},$$

где  $\bar{P}$  – параметр суммарного относительного повреждения (деформации) русла канала;

$\bar{P}_{\text{доп}}$  – допускаемое значение параметра суммарного относительного повреждения (деформации) русла канала, которое в пределе может составить  $\bar{P}_{\text{доп}} = 1,0$ .

В первом приближении, принимая, что изменение повреждений (деформаций) русла канала подчиняется нормальному закону Гаусса, для расчета частоты выбросов повреждений (деформаций) за средний

уровень допускаемых повреждений русла канала в единицу времени, согласно Ц.Е. Мирцхулаве [1], будем иметь:

$$v_{\bar{\Pi}} = \frac{\bar{v}_{\bar{\Pi}} \sigma_{\bar{\Pi}}}{\sqrt{\sigma_{\bar{\Pi}_{\text{доп}}}^2 + \sigma_{\bar{\Pi}}^2}} \exp \left[ \frac{-(\bar{\Pi}_{\text{доп}} - \bar{\Pi})^2}{2(\sigma_{\bar{\Pi}_{\text{доп}}}^2 - \sigma_{\bar{\Pi}}^2)} \right], \quad (1)$$

где  $\bar{v}_{\bar{\Pi}}$  – средняя частота выбросов относительных повреждений (деформаций) русла канала;

$\sigma_{\bar{\Pi}}$  – среднеквадратическое отклонение относительных повреждений (деформаций) русла канала.

Принятое допущение о нормальном распределении такой случайной величины, как параметр суммарного относительного повреждения (деформации) русла канала, правомерно, так как она складывается из совокупности всех случайных факторов, влияющих на эксплуатационную надежность канала (например, местного и общего размыва русла, русловых деформаций, разрушения откосов, оползания плит облицовки, разрушения стыков облицовки, зарастания русла влаголюбивой растительностью и др.). Поскольку каждый из указанных случайных факторов в отдельности описывается нормальным распределением, то и суммарное действие этих факторов тоже описывается нормальным распределением [1].

При этом согласно [1], выбросом случайной функции за средний уровень понимается пересечение графика этой функции горизонтальной прямой уровня снизу вверх. Такое число пересечений графика можно установить на основе натуральных наблюдений за повреждениями (деформациями) русла в течение определенного времени.

Значение средней частоты выбросов можно определить по зависимости [1]:

$$\bar{v}_{\bar{\Pi}} = \frac{N_0}{\tau},$$

где  $N_0$  – среднее число нулей случайного процесса повреждений (деформаций) русла канала за время  $\tau$ , которое устанавливается по числу пересечений кривой параметра суммарного относительного повреждения (деформаций) русла  $\bar{\Pi}$ .

Будем считать, что появление повреждений (деформаций) русла канала является случайным и достаточно редким событием, которое

подчиняется закону распределения Пуассона, при котором вероятность появления  $n$  превышений допустимого уровня  $\bar{\Pi}_{\text{доп}}$  за время  $\tau$  запишется в виде [1, 2]:

$$P = \frac{(v_{\bar{\Pi}} \cdot \tau)^n}{n!} e^{-v_{\bar{\Pi}} \cdot \tau}.$$

Отказ в работе канала (отсутствие значительных недопустимых повреждений или деформаций русла) будет исключен при  $n = 0$ , тогда:

$$P = e^{-v_{\bar{\Pi}} \cdot \tau}. \quad (2)$$

Совместное решение уравнений (1) и (2) позволяет найти уравнение предельного состояния русла канала с точки зрения недопустимых повреждений или деформаций:

$$\eta_n \bar{\Pi} = \bar{\Pi}_{\text{доп}}, \quad (3)$$

где  $\eta_n$  – характеристика надежности работы канала, определяемая по выражению:

$$\eta_n = 1 + \frac{\sqrt{\sigma_{\bar{\Pi}_{\text{доп}}}^2 + \sigma_{\bar{\Pi}}^2}}{\bar{\Pi}} \sqrt{+ 2 \ln \frac{(-\ln P)}{\gamma \cdot \tau \cdot \bar{v}_{\bar{\Pi}}}}, \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{\sigma_{\bar{\Pi}}}{\sqrt{\sigma_{\bar{\Pi}_{\text{доп}}}^2 + \sigma_{\bar{\Pi}}^2}}; \quad \bar{v}_{\bar{\Pi}} = \frac{N_o}{\tau}.$$

Полученные зависимости (3) и (4) позволяют оценить эксплуатационную надежность канала с учетом вероятностных статистических характеристик повреждений или деформаций их русел.

Учитывая выражение (1) и (2), найдем зависимости для определения прогнозного срока службы канала с заданной надежностью  $P$ .

Прогнозный срок службы канала в земляном русле с заданной надежностью определяем по зависимости:

$$\tau_o \{P\} = \frac{-\ln P}{\gamma \cdot v_{\bar{\Pi}_{\text{зем}}}} \exp \left[ \frac{(\bar{\Pi}_{\text{доп}} - \bar{\Pi}_{\text{зем}})^2}{2(\sigma_{\bar{\Pi}_{\text{доп}}}^2 - \sigma_{\bar{\Pi}_{\text{зем}}}^2)} \right], \quad (5)$$

где  $\gamma = \frac{\sigma_{\bar{\Pi}_{\text{зем}}}}{\sqrt{\sigma_{\bar{\Pi}_{\text{доп}}}^2 + \sigma_{\bar{\Pi}_{\text{зем}}}^2}} \quad \bar{v}_{\bar{\Pi}_{\text{зем}}} = \frac{N_{o\text{зем}}}{\tau}.$

Прогнозный расчетный срок службы канала в облицовке с заданной надежностью вычисляем по зависимости:

$$\tau_o \{P\} = \frac{-\ln P}{\gamma \cdot v_{\bar{P}_{обл}}} \exp \left[ \frac{(\bar{P}_{обл} - \bar{P}_{обл})^2}{2(\sigma_{\bar{P}_{доп}}^2 - \sigma_{\bar{P}_{обл}}^2)} \right], \quad (6)$$

где  $\gamma = \frac{\sigma_{\bar{P}_{обл}}}{\sqrt{\sigma_{\bar{P}_{доп}}^2 + \sigma_{\bar{P}_{обл}}^2}}$ ,  $v_{\bar{P}_{обл}} = \frac{N_{ообл}}{\tau}$ .

В зависимостях (5) и (6) величины  $\bar{P}_{зем}$  и  $\bar{P}_{обл}$  представляют собой параметры суммарного относительного повреждения (деформации) соответственно земляного и облицованного русла канала.

При расчете прогнозного срока службы заданную вероятность безотказной работы канала  $P$  рекомендуется принимать в зависимости от класса сооружения: для III-IV классов – 0,90; для I-II классов – 0,95.

Среднеквадратические отклонения величин относительных повреждений и деформаций русла канала  $\sigma_{\bar{P}}$  и  $\sigma_{\bar{P}_{доп}}$  при отсутствии данных исследований согласно [1], можно приближенно принять с учетом запаса расчета равными:

$$\sigma_{\bar{P}_{доп}} = \sigma_{\bar{P}},$$

а величину  $\sigma_{\bar{P}}$  можно найти с помощью правила «трех сигм» на основе соотношений:

$$\sigma_{\bar{P}}^2 = \left( \frac{1}{3} \bar{P} \right)^2 = (0,33 \bar{P})^2 \approx 0,10 \bar{P}^2.$$

Тогда с учетом предельного значения допускаемого параметра  $\bar{P}_{доп} = 1,0$  и вышеприведенных приближенных значений величин  $\sigma_{\bar{P}}$  и  $\sigma_{\bar{P}_{доп}}$  в условиях отсутствия данных расчетные зависимости (5) и (6) получают вид:

- для каналов в земляном русле:

$$\tau_o \{P\} = \frac{-\ln P}{\gamma \cdot v_{\bar{P}_{зем}}} \exp \left[ \frac{(1 - \bar{P}_{зем})^2}{0,40 \bar{P}_{зем}^2} \right], \quad (7)$$

- для каналов в облицовке:

$$\tau_o \{P\} = \frac{-\ln P}{0,70 v_{\bar{P}_{зем}}} \exp \left[ \frac{(1 - \bar{P}_{обл})^2}{0,40 \bar{P}_{обл}^2} \right]. \quad (8)$$

Анализ данных приближенных зависимостей (7) и (8) показывает, что срок службы канала зависит от параметров повреждений или деформаций русла  $\bar{P}_{зем}$ ,  $\bar{P}_{обл}$  и  $v_{\bar{P}_{зем}}$ ,  $v_{\bar{P}_{обл}}$  и вероятности безотказной работы канала  $P$ . Причем, чем больше параметры суммарных повреждений и частоты их выбросов за нулевой уровень, тем будет меньше прогнозный срок службы канала.

В случае, если в канале предусматриваются ремонтно-профилактические мероприятия в виде текущих ремонтов через 2-5 лет и ежегодных работ силами службы эксплуатации по уходу и устранению незначительных повреждений и неполадок, то срок службы может быть продлен.

Принимая во внимание, что параметры суммарных повреждений русла в условиях проведения профилактических мероприятий будут снижаться на некоторую величину  $\alpha$ , прогнозный срок службы можно оценить по следующим формулам:

- для каналов в земляном русле:

$$\tau_{o}\{P\} = \frac{-\ln P}{0,707v_{\bar{P}_{зем}}} \exp\left[\frac{(1 - \bar{P}_{зем} + \alpha)^2}{0,40\bar{P}_{зем}^2}\right], \quad (9)$$

- для каналов в облицовке

$$\tau_{o}\{P\} = \frac{-\ln P}{0,707v_{\bar{P}_{обл}}} \exp\left[\frac{(1 - \bar{P}_{обл} + \alpha)^2}{0,40\bar{P}_{обл}^2}\right],$$

где  $\alpha = \bar{P}_{проф} \frac{\tau_{проф}}{\tau}$ ,

$\bar{P}_{проф}$  – параметр снижения суммарных относительных повреждений (деформаций) вследствие проведения ремонтно-профилактических мероприятий;

$\tau_{проф}$  – количество лет, когда проводились ремонтно-профилактические мероприятия;

$\tau$  – период эксплуатации канала.

Для иллюстрации влияния ремонтно-профилактических мероприятий на срок службы канала рассмотрим пример.

Исходные данные: параметр суммарного относительного повреждения канала в земляном русле  $\bar{P}_{зем} = 0,45$ , вероятность безотказ-



ной работы канала  $P = 0,90$ , срок эксплуатации канала  $\tau = 15$  лет, количество лет профилактического ремонта за время эксплуатации  $\tau_{\text{проф}} = 7,5$  и 15 лет, параметр снижения суммарного относительного повреждения или деформаций русла от профилактических ремонтов  $\bar{P}_{\text{проф}} = 0,10$ , частота выбросов  $\bar{v}_{\bar{P}_{\text{зем}}} = 0,20$  1/с.

Вначале определим прогнозный срок службы русла земляного канала без проведения ремонтно-профилактических мероприятий по формуле (7):

$$\tau_0\{P\} = \frac{-\ln 0,90}{0,707 \cdot 0,20} \exp \left[ \frac{(1 - 0,45)^2}{0,40 \cdot 0,45^2} \right] = 31,1 \text{ лет.}$$

Прогнозный срок службы русла канала с проведением ремонтно-профилактических мероприятий по формуле (9) составит:

$$\text{- при } \tau_{\text{проф}} = 7,5 \text{ лет, } \alpha = 0,10 \cdot \frac{7,5}{15} = 0,05,$$

$$\tau_0\{P\} = \frac{-\ln 0,90}{0,707 \cdot 0,20} \exp \left[ \frac{(1 - 0,45 + 0,05)^2}{0,40 \cdot 0,45^2} \right] = 63,2$$

$$\text{- при } \tau_{\text{проф}} = 15 \text{ лет, } \alpha = 0,10 \cdot \frac{15}{15} = 0,10,$$

$$\tau_0\{P\} = \frac{-\ln 0,90}{0,707 \cdot 0,20} \exp \left[ \frac{(1 - 0,45 + 0,10)^2}{0,40 \cdot 0,45^2} \right] = 136,8 \text{ лет.}$$

Исходя из полученных результатов расчета, можно сделать вывод о существенном влиянии ремонтно-профилактических мероприятий на продление срока службы канала. Так, согласно расчету, без проведения профилактических ремонтов срок эксплуатации составит 31,1 лет, а после выполнения профилактических ремонтов через год – 63,2 лет и при проведении ежегодных ремонтов – 136,8 лет.

В заключение отметим, что под прогнозным сроком службы следует понимать срок безопасной эксплуатации или срок выполнения каналом заданных при проектировании функций по транспортированию необходимых расходов воды потребителям до капитального ремонта или рекультивации (ликвидации) канала.

Таким образом, представленные зависимости позволяют оценить вероятный срок безопасной эксплуатации и выполнения каналом заданных функций и заблаговременно наметить инженерно-

технические мероприятия на канале с целью продления его срока службы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мирцхулава, Ц.Е. О надежности крупных каналов / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1981. – 318 с.
2. Мирцхулава, Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1974. – 279 с.

УДК 556.55:626.8:627.81.001.2

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРУДОВ И МАЛЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Д.В. Ермак, Е.А. Сенчукова

ФГНУ «РосНИИПМ»

На территории Ростовской области расположено около 2500 прудов и малых водохранилищ, многие из них находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Несвоевременные и не объективные данные о характеристиках и технической диагностике состояния обследуемого сооружения приводят к авариям и деформациям конструкций сооружения.

Сотрудниками ФГНУ «РосНИИПМ» в 2008 г. были проведены общие обследования малых гидроузлов, расположенных на территории Ростовской области (Тацинский, Зерноградский, Мясниковский, Куйбышевский районы). Во всех водоемах гидроузла состоит из грунтовой плотины, чаши пруда, трубчатого водосброса и водоспуска. Обследования выполнялись по разработанной методике комплексного обследования (визуального и инструментального) технического состояния сооружений [1]. Инструментальные исследования включали в себя: обследование ГТС с использованием навигационных приборов GPS; топографическую съемку с использованием тахеометра; исследование глубин и строения ложа пруда (водохранилища) с использованием эхолота.

Учитывая типичную для ЮФО топологию прудов и малых водохранилищ, для детального обследования технического состояния были выбраны 6 прудов, расположенных на территории Мясниковского района Ростовской области. Выбранные сооружения находятся

в непосредственной близости от населенных пунктов и являются потенциально опасными.

Технические параметры обследованных гидроузлов представлены в таблице.

Для всех обследованных прудов определялись следующие критерии их технического состояния и безопасности: критерий потенциальной безопасности, превышения отметки гребня плотины и санитарно-технической безопасности.

Критерий потенциальной опасности гидротехнического сооружения  $K_{d1}$  определяется по формуле [3]:

$$K_{d1} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{\text{зат}}^{\text{н}}}{F_{\text{общ.зат}}},$$

где  $\sum_{i=1}^n F_{\text{зат}}^{\text{н}}$  – общая расчетная площадь затопления значимых объектов,  $\text{м}^2$ ;

$n$  – количество значимых объектов в створе прохождения волны прорыва;

$F_{\text{общ.зат}}$  – общая вероятная площадь затопления при аварии подпорного сооружения,  $\text{м}^2$ .

Критерий превышения отметки гребня плотины над расчетным статическим уровнем определяется по формуле

$$K_{\text{прев.гр}} = \frac{d_{\text{факт}}}{d_{\text{расч}}},$$

где  $d_{\text{факт}}$  – фактическое превышение гребня плотины над НПУ, м;

$d_{\text{расч}}$  – расчетное превышение гребня плотины, м;  $d_{\text{расч}} = 1,5$  м

Санитарно-техническая безопасность пруда определяется критерием  $K_{\text{сан}}$ , который определяется по формуле

$$K_{\text{сан}} = \frac{h_{\text{тр.ср}}}{h_{\text{факт.ср}}},$$

где  $h_{\text{тр.ср}}$  – требуемая средняя глубина в пруду или малом водохранилище, м;

$h_{\text{факт.ср}}$  – фактическая средняя глубина в пруду или малом водохранилище, м.

## Технические параметры гидротехнического сооружения

Параметры	Пруд № 1 б. Волчье Логово, с. Султан- Салы	Пруд № 2 б. Волчье Логово, с. Султан- Салы	Пруд № 3 б. Волчье Логово, с. Султан- Салы	Пруд № 4 б. Чалтырь- ская, с. Красный Крым	Пруд № 5 б. Старый Колодец, с. Большие Салы	Пруд № 6 б. Калмыц- кая, с. Крым
Водосборная площадь, км <sup>2</sup>	16,3	9,5	-	17,5	-	-
Площадь пруда при НПУ, га	12,6	18,8	2,1	7,4	12,5	19
Средняя глубина при НПУ, м	3,8	2,9	0,7	2	1,4	2,24
Площадь пруда при ФПУ, га	-	-	-	-	-	25
Площадь пруда при УМО, га	6,8	14,3	-	5,8	14	16
Объем форсировки, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	0,225
Полный объем пруда (при НПУ), 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	0,495	0,552	0,0148	0,148	0,178	0,449
Полезный объем пруда, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	0,379	0,302	-	0,0455	-	0,177
Мертвый объем пруда, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	0,12	0,25	-	0,1025	0,23	0,272
Площадь пруда на момент обследования, га	12,7	18,8	2,1	7,5	12,5	16
Объем пруда на момент обследования, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	0,475	0,552	0,0148	0,148	0,178	0,272
Превышение гребня плотины над нормальным подпорным уровнем (НПУ), м	1	1,5	0,25	2	1,6	3,5
Наибольшая глубина в водоёме при НПУ, м	8	5	1,5	5	2,5	
Критерий потенциальной опасности $K_{d1}$	0,64	0,64	-	-	1,0	0
Критерий санитарно-гигиенической безопасности $K_{сан}$	0,45	0,58	2,43	0,85	1,21	1,0
Критерий превышения отметки гребня плотины над расчетным уровнем $K_{prev.гр}$	0,667	1,0	0,375	1,33	1,06	2,33
Примечание: При $K_{d1} > 0$ рассматриваемое гидротехническое сооружение потенциально опасное, при $K_{d1} = 0$ сооружение потенциально не опасно при заполнении до отметки НПУ [2]. При $K_{prev.гр} > 1$ значение соответствует на момент проведения обследований требуемому уровню безопасности, при $K_{prev.гр} < 1$ – значение не соответствует требуемому уровню безопасности. При $K_{сан} \leq 1$ санитарно-гигиеническая безопасность пруда не соблюдается, при $K_{сан} > 1$ санитарно-гигиеническая безопасность обеспечивается.						

Полученные значения критериев по всем обследованным прудам представлены в таблице.

Краткая характеристика обследованных прудов приведена ниже.  
Пруд № 1 на балке Волчье Логово, с. Султан-Салы.

Материал плотины – суглинок, состояние плотины неудовлетворительное, плотина проездная.

Водосбросное сооружение консольного типа из стальной трубы диаметром 1000 мм и подводящего канала в земляном русле. Техническое состояние аварийное. Наличие трубчатого переезда в подводящем канале препятствует водоотводу.

Согласно данным расчета волны прорыва, в случае гидродинамической аварии на каскаде прудовых гидроузлов на балке Хавалы возможно затопление юго-восточной части жилой застройки села Султан-Салы площадью 25 га.

Пруд № 2 на балке Волчье Логово, с. Султан-Салы.

Плотина проездная, материал – суглинок, откосы не закреплены, состояние плотины неудовлетворительное.

Водосброс-водоспуск расположен на мокром откосе правого крыла плотины. Водосбросное сооружение в виде шахтного водосброса диаметром 4500 мм, совмещенное с водоспуском. В теле плотины уложены две нитки железобетонных труб диаметром 1500 мм. Служебный мост частично разрушен. Сороудерживающая решетка местами отсутствует. Нет механизма для подъема затвора на водоспуске. Техническое состояние водосброса-водоспуска аварийное.

Согласно данным расчета волны прорыва [4], в случае гидродинамической аварии на каскаде прудовых гидроузлов на балке Хавалы возможно затопление юго-восточной части жилой застройки села Султан-Салы площадью 25 га.

Пруд № 3 на балке Волчье Логово, с. Султан-Салы.

Плотина не проездная, материал – суглинок, откосы не закреплены. С правого крыла плотины образовался перелив через гребень шириной 1,5 м, через который вода выходит из пруда. Техническое состояние плотины аварийное.

Водосбросное сооружение консольного типа из стальной трубы диаметром 800 мм, отвод потока осуществляется по стихийно сформированному руслу, размывая берег балки, и способствует оврагообразованию. Техническое состояние водосбросного сооружения аварийное.

Пруд № 4 на балке Чалтырьская, с. Красный Крым.

Плотина проездная, материал – суглинок, низовой откос не закреплён, верховой откос закреплён железобетонными плитами. Техническое состояние плотины нормальное.

Водосбросное сооружение представлено в виде сбросного канала и быстротока на нем, канал устроен в земляном русле, откосы подводящего и отводящего каналов не закреплены. В начале подводящего канала расположен трубчатый переезд со стальной трубой диаметром 1000 мм. Техническое состояние быстротока аварийное. Наличие трубчатого переезда в подводящем канале препятствует водоотводу.

Пруд № 5 на балке Старый Колодец, с. Большие Салы.

Плотина проездная, материал – суглинок, откосы не закреплены. Высота гребня от уровня воды недостаточна (возможен перелив воды через гребень плотины при большом паводке). Техническое состояние аварийное.

Водосбросное сооружение консольного типа из стальной трубы диаметром 500 мм. Водоспуск выполнен из одной нитки раструбных железобетонных труб диаметром 1100 мм. Щитовой затвор находится в нерабочем состоянии. Техническое состояние водоспуска аварийное.

По правому и левому берегу пруда устроены дамбы обвалования, примыкающие к плотине. Они защищают прибрежные участки от затопления. Материал дамб – суглинок. Мокрый откос сильно подмыт волнобоем.

В случае гидродинамической аварии на прудовом гидроузле на балке Старый Колодец при отметке НПУ произойдет затопление части жилой застройки поселения Большие Салы площадью 15 га.

Пруд № 6 расположен на балке Калмыцкая, с. Крым.

Плотина проездная, материал – суглинок, откосы не закреплены.

Крепление откоса в верхнем бьефе водосбросного сооружения частично разрушено. Низовой откос на участке центральной части плотины, местами имеет промоины. Тело плотины деформировано, техническое состояние плотины удовлетворительное.

Водосбросное сооружение сифонного типа, автоматического действия, состоит из шести ниток стальных труб диаметром 1100 мм. Железобетонное крепление откоса на входном оголовке деформировано. Водосбросные трубчатые сооружения находятся в удовлетворительном состоянии.

Согласно данным расчета волны прорыва, в случае гидродинамической аварии на прудовом гидроузле на балке Калмыцкая затопление сельского поселения Крым при отметке НПУ не произойдет.

### **Выводы:**

Результаты обследования прудов и малых водохранилищ позволили уточнить основные технико-экономические показатели:

1. Объемы заполнения водой прудов на момент обследования составляли от  $14,8 \times 10^3$  до  $552 \times 10^3 \text{ м}^3$  с площадью зеркала воды соответственно от  $10 \times 10^3$  до  $143 \times 10^3 \text{ м}^2$ . Средняя глубина уровня воды в водоемах находилась в пределах от 1,4 до 3,8 м.

2. Анализ объектов исследования показал, что три пруда из шести на момент обследования были признаны потенциально опасными по затоплению при их заполнении водой до отметок нормального подпорного уровня.

3. По критерию превышения гребня плотины два объекта не удовлетворяют требованиям безопасности, а по критерию санитарно-технической безопасности – три объекта не удовлетворяют требованиям.

Полученные в результате обследования технического состояния гидроузлов данные позволяют контролировать надежность и безопасность сооружений, корректировать режимы их эксплуатации, оценить техническое состояние сооружения. Обобщение и систематизация материалов обследования дает возможность совершенствовать оценку сооружения и разрабатывать соответствующие правила эксплуатации гидроузлов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Василевский, А.Г. Организация обследования состояния гидротехнических сооружений в свете требований Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» / А.Г. Василевский. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000. – Вып. 4. (Библиотечка гидротехника. Безопасность гидротехнических сооружений. – Приложение к журналу «Гидротехническое строительство»). – 84 с.

2. Стефанишин, Д.В. Оценка нормативной безопасности плотин по критериям риска / Д.В. Стефанишин // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 2. – С. 44-47.

3. РД 03-626-03. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью, физическим лицам, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (приказ МЧС России и Госгортехнадзор России от 15.08.2003 г. № 482/175а).

4. СТПВНИИГ 230.2.001-00. «Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений» / ОАО ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – СПб., 2000.

УДК 626.844.004:621.643.002.637

## **ПРИЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАСОРЕНИЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Л.А. Воеводина, О.В. Воеводин  
ФГНУ «РосНИИПМ»

В настоящее время применение систем капельного орошения (СКО) при возделывании овощей на юге России интенсивно расширяется. Данный способ орошения характеризуется такими преимуществами, как возможность использования минерализованных вод при сумме ионов водорастворимых солей 3,0-5,0 г/л, непригодных для полива сельскохозяйственных культур дождеванием и поверхностными способами, уменьшение опасности вторичного засоления почв и уплотнения почв и др.

Результаты исследований, проведенных у нас в стране и за рубежом, показали, что снижение оросительных норм составляет от 20 до 60 % по сравнению с такими традиционными способами, как дождевание и поверхностный полив. Кроме того, снижаются трудовые затраты.

Одним из особенностей капельного орошения является возможность применения фертигации. Фертигация – внесение в почву растворимых в воде удобрений. При капельном орошении это наиболее эффективный метод подачи питательных веществ в течение вегетации растений, т.к. если вносить сухие удобрения разбрасыванием по поверхности почвы, то заделать их в почву будет затруднительно, тем более что увлажняемый объем почвы небольшой, что не позволит эффективно использовать внесенные удобрения. Поэтому фертигация является обязательным приемом агротехники при использовании СКО, она применяется как на легких, так и на тяжелых по механиче-



скому составу почвах (таблица). Применение фертигации требует внимательного выбора форм применяемых удобрений и тщательного учета качества воды.

Таблица

### Планирование разделения норм удобрений для основного внесения и в подкормках

Механический состав почвы	Обеспеченность питательными элементами		
	низкая	средняя	высокая
Легкий	Ф	Ф	Ф
Среднесуглинистый	ОФ	Ф	Ф
Тяжелый	ОФ	ОФ	Ф

Примечание: О – основное внесение; Ф – фертигация.

Для фертигации *азот* должен быть либо в форме мочевины (карбамид), либо в нитратной форме. И мочевина, и нитратный азот остаются в почвенном растворе подвижными и передвигаются с почвенной влагой, поэтому эти вещества могут быстро вымываться при чрезмерном количестве воды. Аммонийный азот ведет себя несколько иначе: он является положительно заряженным ионом и участвует в реакциях катионного обмена в почве. Так как реакции катионного обмена происходят очень быстро, аммоний, внесенный вместе с поливной водой, иммобилизуется почти мгновенно при контакте с почвой и остается на или около поверхности почвы. В полужасушливых и засушливых регионах почвы имеют нейтральную или щелочную реакцию (рН от 7 до 8,2). В таких почвах любое количество обменного аммония, содержащегося на поверхности почвы, скорее всего улетучится.

Наибольшие затруднения могут возникнуть при внесении *фосфорных* удобрений через СКО. Такое широко распространенное фосфорное удобрение, как двойной суперфосфат в воде полностью не растворяется, его растворение ограничено из-за того, что монокальций фосфат суперфосфата превращается в дикальций фосфат, который нерастворим в воде. При внесении фосфорных удобрений следует особенно учитывать качество поливной воды. Если  $pH > 7,5$ , а содержание ионов кальция в воде больше  $2,0 \text{ мг-экв/дм}^3$ , вносимый фосфор выпадет в осадок в форме дикальция фосфата, который может засорить капельницы. В такой ситуации в качестве удобрения можно использовать фосфорную кислоту. Сразу же после применения фосфорной кислоты должна быть проведена промывка СКО с помощью

азотной, соляной или серной кислоты для того, чтобы не допустить образования нерастворимого в воде осадка, способного засорить капельницы [1].

*Калий* вносить через СКО довольно просто – калийные удобрения хорошо растворимы, но из почвы он быстро не вымывается, т.к. калий входит в состав почвенного поглощающего комплекса.

*Микроэлементы* – марганец, цинк, бор, железо, медь и т.д. – так же могут быть внесены через СКО. Вносимые дозы должны базироваться на анализах почвы и воды, так как внесение чрезмерных количеств может вызвать реакции с солями в воде и быть токсичными для растений.

Если детального полевого обследования по внесению микроэлементов в СКО не было проведено, лучше использовать традиционные методы, включая внекорневые подкормки или механическое внесение непосредственно в почву.

Для удовлетворения потребностей растений в микроэлементах в последнее время стали широко применяться удобрения на основе хелатообразователей. Тип хелатообразователя выбирают так, чтобы обеспечить наилучшее соответствие методу внесения, культуре и уровню pH почвы. Хелаты таких металлов, как Mn, Zn, Cu, Ca, Mg разработаны, как правило, на основе хелатообразователя EDTA, достаточно доступного и относительно недорогого. Они устойчивы в довольно широком диапазоне pH, кроме хелата железа (рисунок 1).

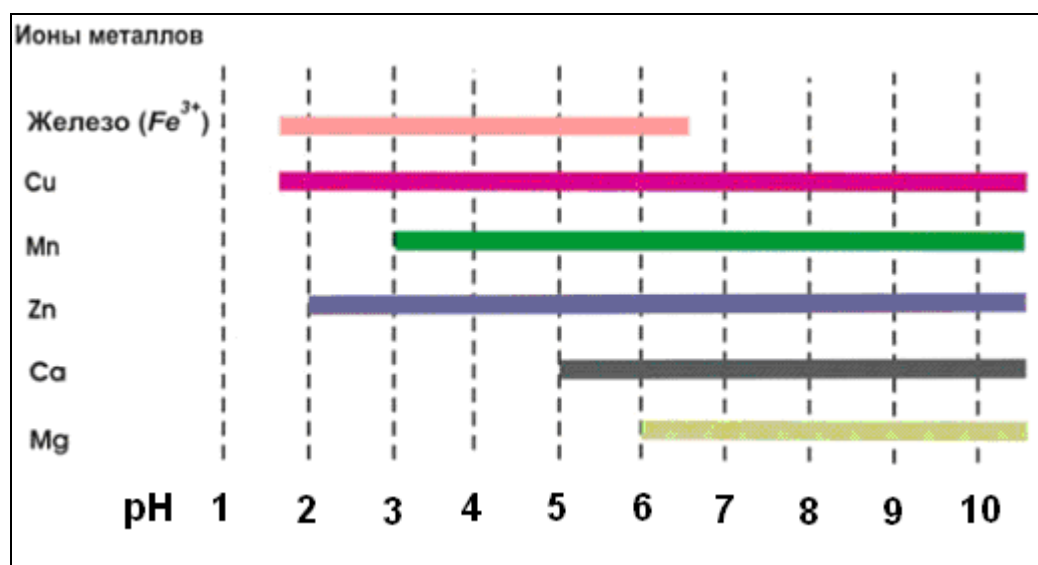


Рис. 1. Показатели pH для хелатов EDTA [3]

При недостатке железа вносят хелаты железа путем внекорневых подкормок 2-3 раза за сезон. Если хелат железа в форме EDTA, то раствор подкисляют до pH 5,5, если в форме ДТРА, то питательный раствор должен иметь pH ниже 6,8 [2].

Менее эффективны, чем хелаты, но также применяемые для устранения недостатка в микроэлементах такие вещества, как: для устранения недостатка молибдена – молибдат аммония, для устранения недостатка меди –  $\text{CuSO}_4$ , цинка –  $\text{Zn SO}_4$ , железа –  $\text{FeSO}_4$ , бора – борная кислота.

Для того, чтобы удовлетворить потребности растений и не вызвать засорение капельниц, необходимо учитывать свойства воды.

Выпадение в осадок солей кальция и железа является проблемой для большинства вод, добываемых из скважин. В общем случае, если уровень бикарбонатов выше  $2,0 \text{ мг-экв/дм}^3$ , а pH выше 7,5, то такое сочетание характеристик воды указывает на потенциальную проблему.

В воде, содержащей большое количество железа (выше  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  при pH от 4,0 до 8,5) могут развиваться железные бактерии, продукты жизнедеятельности которых могут засорить капельницы.

Для предупреждения образования осадков солей кальция и железа используют кислоты. Количество применяемой кислоты определяется свойствами поливной воды, оборудования, составом осадка, температурой, типом и концентрацией кислоты. Концентрация кислоты, обеспечивающая pH оросительной воды от 5,5 до 7,0, будет предупреждать образование осадка. Обычно используют технические кислоты, не засоренные примесями, не содержащие в своем составе гипсовых и фосфатных осадков. Для этой цели используют техническую азотную, ортофосфорную или соляную кислоту. Обычная рабочая концентрация этих кислот 0,6 % по действующему веществу. Продолжительность периодической кислотной ирригации – около одного часа.

Еще одним эффективным и недорогим мероприятием, с помощью которого можно контролировать развитие водорослей и продуктов их жизнедеятельности, является хлорирование с помощью гипохлорита натрия. В поливной воде постоянно поддерживают концентрацию хлора  $0,5-1,0 \text{ мг/дм}^3$ , либо проводят периодическое очищающее хлорирование при концентрации хлора до  $20 \text{ мг/дм}^3$  в течение 20 минут в конце цикла орошения.

Так же с помощью хлорирования можно предупреждать образование осадка соединений железа и марганца. Для этого обрабатывают поливную воду из расчета 0,64 мг Cl на 1 мг Fe от количества железа в воде; 1,3 мг Cl на 1 мг Mn от количества марганца в воде. Подачу хлора в случае необходимости проводят до системы фильтров, которые следует регулярно проверять и очищать. В случаях сильного развития водорослей и образования большого количества продуктов их жизнедеятельности используют специальные камеры для их уничтожения. Обычно они состоят из большого пруда или специальной камеры, в которой хлорированная вода остается в течение достаточно длительного времени.

Таким образом, использование приведенной в статье информации позволит рационально использовать удобрения для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и продлить срок службы СКО.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. USDA, Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Part 623, Section 15, Irrigation, Chapter 7, Trickle Irrigation, 1984.

2. Хелаты микроэлементов и их применение / Д. Миргород // <http://www.agrisol.com.ua>.

3. Современное промышленное производство овощей и картофеля с использованием систем капельного орошения / Л.С. Гиль [и др.]. – Ж.: ЧП «Рута», 2007. – 390 с.

УДК 626.862:631.67

#### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЗОНЫ ОРОШЕНИЯ**

В.И. Миронов, Н.В. Литвинова  
ФГНУ «РосНИИПМ»,

В.В. Грищенко, А.В. Миронов  
ФГОУ ВПО «НГМА»

На стадии проектирования коллекторно-дренажной сети (КДС) выполняют следующие этапы работ:

- разработку схемы геологических, гидрогеологических определений и расчетов в пределах выделенных и согласованных с хозяином участков;

- определяют основные направления и ориентировочные расходы инфильтрационного питания грунтовых вод по массивам, участкам;

- составляют прогноз изменений уровней грунтовых вод (УГВ) и солевого режима почв;

- проводят расчет параметров дренажа и коллекторов на сети, учитывая особенности рельефа местности (уклон, положение УГВ, особенности свойств грунтов и др.);

- проводят технико-экономическое обоснование по вариантам на коллекторно-дренажной сети;

- разрабатывают проект эксплуатации сети, рассматривают возможности использования сбросных коллекторно-дренажных вод (КДВ) и их утилизации в места отвода и сбора;

- составляют план производства строительных работ, размещения мест складирования материалов, стоянки и хранения машин и механизмов, проводят подсчет сметной стоимости строительства, определяют удельные показатели строительства КДС по объектам, учитывая расходы на погодные условия и транспортные затраты [1]. Из материалов названного руководства видим, что для дренажной сети зоны орошения предложена формула по определению наибольшей глубины устройства (укладки) труб в следующем виде:

$$H_{\text{д}} = h_{\text{кр}} + h_{\text{ф}} + \alpha \cdot \Delta h ,$$

где  $h_{\text{кр}}$  – допустимая («критическая» с учетом минерализации грунтовых вод) глубина устройства дренажа, м;

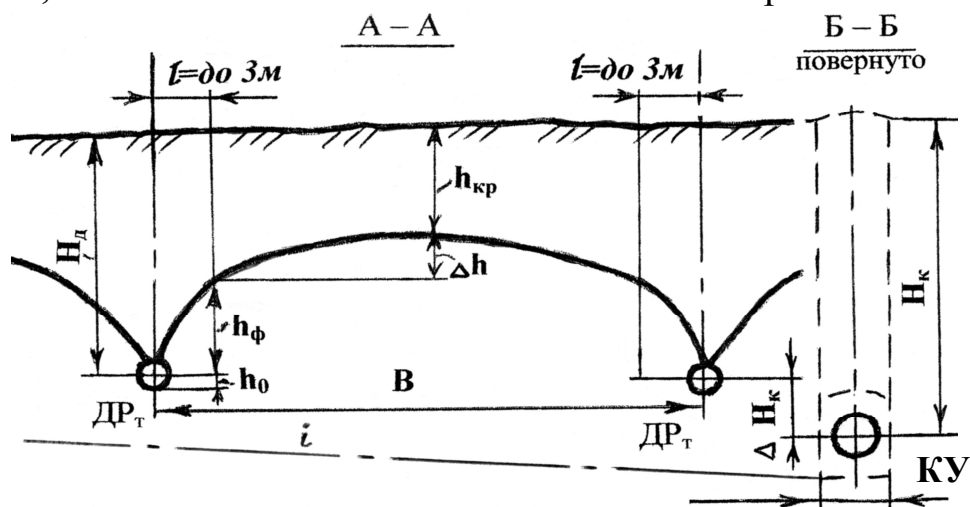
$h_{\text{ф}}$  – фактический действующий напор на конкретной дрене, м;

$\Delta h$  – величина падения депрессионной кривой между дренами, зависящая от водопроницаемости грунтов и принимаемая в интервале от 0,2 до 0,6 м;

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от междренного расстояния ( $B$ ), коэффициента фильтрации грунтов ( $K_{\text{ф}}$ ) и минерализации сбросной воды ( $M_{\text{в}}$ ) который при осредненных значениях может составлять:  $\alpha = 0,7$  при  $B = 140$  м,  $K_{\text{ф}} = 1,2-1,0$  м/сут;  $M_{\text{в}} \geq 2,5$  мг/л;  $\alpha = 1,0$  при  $B = 200$  м,  $K_{\text{ф}} = 1,0-0,9$  м/сут,  $M_{\text{в}} \geq 2,0-1,5$  мг/л;  $\alpha = 1,5$  при  $B = 350$  м;

$K_{\phi} = 0,7-0,5$  м/сут,  $M_B = 1,2-0,5$  мг/л [1, с. 82-84]. Однако здесь малой величиной наличия воды в дрене ( $h_0=h_B$ ) мы пренебрегаем, рис. 1.

По методике Ю.Г. Филиппова и Р.Г. Джанумова [2, 3] по длине открытых и трассам закрытых дрен и коллекторов проводят работы по оценке положений уровней грунтовых вод (УГВ) от поверхности земли, определяют расходы (удельные расходы), минерализацию и строят депрессионные кривые уровней грунтовых вод выборочно по всей их длине. При этом определяют размеры деформаций; технические (гидравлические), мелиоративные и экологические параметры и показатели. Оценивают подходы, подъезды, состояние переходных мостиков, наличие и состояние линий связи и электроснабжения.



**Рис. 1. Схема поперечного сечения междуренья и узкотраншейного коллектора:** ДРТ – дренаж трубчатый; КУ – коллектор узкотраншейный

На основании обобщения опыта натурных исследований по применению дренажных коллекторов зоны орошения, а также результатов технического надзора (согласно актам обследования) мелиоративных служб эксплуатации, визуальных наблюдений и инструментальных измерений проводят оценку их технического состояния. При этом особо обращают внимание на:

- а) внешнее техническое и экологическое состояние (размывы, искривления, разрушения и оползания грунтов и креплений) по участкам отдельно и всей длине коллекторов в целом;
- степень зарастания сорной растительностью и кустарником;
  - наличие стока, заиления и посторонних мелких и крупных инородных предметов на откосах и в донной части;

б) внешнее и внутреннее техническое состояние закрытых коллекторов:

- наличие просадок, вымывов и деформаций по трассе укладки коллекторов;

- техническое состояние всей полосы коллектора, включая истокую и устьевую части;

- наличие степени заиления трубопроводов, контрольно-смотровых колодцев и устьевых сооружений коллекторов.

Для проведения работ по оценке технического и мелиоративного состояния обратимся еще раз к рис. 1, где параметры коллектора в общем виде, по отношению к дрене будут:  $H_k$  – глубина устройства коллектора, например, трубчатого, м;  $B_k$  – ширина траншеи (выемки) при разработке минеральных грунтов, где растительный слой уже снят, м;  $\Delta H_k$  – занижение донной части коллектора относительно устья дренажной трубы (чаще  $\Delta H_k = 0,5-1,0$  м). Все это описание характерно для транспортирующих («глухих») по своему технологическому назначению коллекторов. Обеспечить повышение эффективности устройства и работы коллекторно-дренажной сети можно несколькими путями.

Применительно к закрытой дренажной сети:

- использованием в производстве современных качественных материалов (труб, ОФМ, ЗФМ), узкотраншейных комплексно-механизированных способов и технологических процессов;

- применением современных и новых средств автоматизации и лазерных систем для обеспечения управления рабочим процессом и выдерживанием проектного уклона систем;

- уменьшением междренних расстояний (до  $B = 140-200$  м), увеличением глубины укладки (до  $H_d = 3,5-4,0$  м) и доведением их до оптимальных значений в каждом конкретном случае, учитывая фактические гидрогеологические условия, характерные для объектов данной зоны орошения.

Применительно к коллекторной сети:

- переход от технологии отдельного (полумеханизированного) способа устройства коллекторов к комплексно-механизированному узкотраншейному способу по лучу лазера;

- переход на устройство от транспортирующих («глухих») по своему функциональному назначению к дренирующим коллекторам.

Оценку изменения качества работы и сравнения транспортирующих и дренирующих коллекторов можно выполнить по аналогии путем сравнения двух работающих коллекторов, оценивая и сравнивая те же самые их параметры, что и при работе дренажей (рис. 1) по:

- коэффициенту технической эффективности:

$$\eta_k^T = Q_k^D / Q_k^T, \text{ раз (\%)},$$

где  $Q_k^D, Q_k^T$  – расход (удельный расход) у дренирующего и транспортирующего коллекторов, соответственно, л/с (л/с·км);

- коэффициенту мелиоративной эффективности:

$$\eta_k^M = h_\phi^T / h_\phi^D = h_{кр}^T / h_{кр}^D = \Delta h^T / \Delta h^D, \text{ раз (\%)},$$

где  $h_\phi^T, h_{кр}^T, \Delta h^T$  и  $h_\phi^D, h_{кр}^D, \Delta h^D$  – положения уровней грунтовых вод (напоры) при работе транспортирующих и дренирующих коллекторов, соответственно их обозначению, м.

При реализации технологических процессов производства строительных либо ремонтно-восстановительных работ на коллекторно-дренажных системах их качество оценивают пооперационно, проводя анализ, оценку и сравнение результатов работ с предусмотренными в проектах, технологическими картами и с другими нормативно-методическими документами. Коэффициент качества реализации технологических процессов определяют по формуле

$$K_{K_0} = \sum W_3 / W_0,$$

где  $W_3$  – число операций, реализуемых в технологическом процессе и выполненных по проекту, технологической карте, в соответствии с требованиями СНиП по Госстандарту, шт.;

$W_0$  – общее число операций, реализуемых в производстве в данном технологическом процессе, предусмотренных по проекту, технологической картой и другими нормативно-методическими документами, шт.

Учитывая сложность и множество операций, реализуемых в технологических процессах пооперационно и суммируя качество их выполнения на отдельных участках, как системы в целом, тогда оценку технологии по выполняемым работам проводят методом определения общего коэффициента качества по реализуемым работам в технологиях по следующей формуле:

$$K_{K_0} = (K_{K_1} + K_{K_2} + \dots K_{K_n}) / N_{T_0},$$



где  $N_{T_0}$  – общее число реализуемых технологических процессов на системе, шт.

Другими показателями при сравнении технологических процессов могут быть: удельная энергоемкость, металлоемкость, капитальные вложения, а также себестоимость работы машин и механизмов и использование рабочего времени в процессах, технологиях [4].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Временное руководство по проектированию дренажа на орошаемых землях Юга Европейской части РСФСР / Одобрено НТС МВХ РСФСР; протокол № 8 от 31.03.1986 г., коллектив авторов и разработчиков. – М., 1986. – 101 с.

2. Филиппов, Ю.Г. Исследование работы закрытого дренажа на орошаемых землях Ростовской области / Ю.Г. Филиппов, Р.Г. Джанумов // Эксплуатация оросительных систем и мелиорация орошаемых земель Северного Кавказа: сб. науч. тр. / Южгипроводхоз. – Ростов н/Д, 1973. – Вып. 14. – Ч. 2. – С. 37-53.

3. Филиппов, Ю.Г. Методика контроля водозаборной способности закрытых трубчатых дрен на орошаемых землях: информ. листок Ростовского ЦБНТИ / Ю.Г. Филиппов, Р.Г. Джанумов – Ростов н/Д, 1972. – № 272-72. – 6 с.

4. Основные критерии оценки работы мелиоративных машин / А.В. Колганов [и др.] // Вестник РАСХН. – М. – 2008. – № 1. – С. 35-36.

УДК 626.862:631.67

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЗОНЫ ОРОШЕНИЯ**

В.И. Миронов, Н.В. Литвинова

ФГНУ «РосНИИПМ»,

А.В. Миронов

ФГОУ ВПО «НГМА»

В начале 80-х годов прошлого столетия был осуществлен переход от открытой к закрытой дренажной и коллекторной сети, причем

сначала траншейным, а затем узкотраншейным комплексно-механизированными способами.

Оценку качества работы как открытых (0), так и закрытых коллекторов (транспортирующих – Т и дренирующих – Д) проводят по:

- коэффициенту технической эффективности

$$\eta_k^T = Q_k^0 / Q_k^T = Q_k^D / Q_k^T, \text{ раз (\%)},$$

где  $Q_k^0, Q_k^T, Q_k^D$  – расход (удельный расход) у открытых, дренирующих и транспортирующих коллекторов, соответственно, л/с (л/с·км);

- коэффициенту мелиоративной эффективности:

а) открытых в сравнении с закрытыми транспортирующими коллекторами

$$\eta_k^M = h_\phi^T / h_\phi^0, \text{ раз (\%)};$$

б) закрытых транспортирующих в сравнении с закрытыми дренирующими коллекторами

$$\eta_k^M = h_\phi^T / h_\phi^D = h_{кр}^T / h_{кр}^D = \Delta h^T / \Delta h^D, \text{ раз (\%)},$$

где  $h_\phi^0, h_\phi^T, h_{кр}^T, \Delta h^T$  – положения уровней грунтовых вод (напоры) при работе открытых и закрытых транспортирующих коллекторов, соответственно, м;

$h_\phi^D, h_{кр}^D, \Delta h^D$  – положения уровней грунтовых вод, характерные для дренирующих коллекторов, м.

Контроль работы коллекторно-дренажной сети (с дренирующим эффектом) осуществляют по показателям водоприемной способности, включающим [1]:

- коэффициент гидравлического сопротивления

$$\xi = h_\phi / h_T,$$

- коэффициент водозабора конструкции

$$\mu = Q_\phi / Q_T = q_\phi / q_T,$$

где  $h_\phi, Q_\phi$  и  $q_\phi$  – фактические значения напора, водопритока (расхода) и модуля дренажного стока;

$h_T, Q_T$  и  $q_T$  – теоретические (расчетные) значения напора, водоприемника (расхода) и модуля дренажного стока.

Однако более простым методом при проведении оперативного контроля и сравнения эффективности работы дренажей и дренирующих коллекторов различных конструкций является установление показателя водоприемной способности, который определяют по формуле

$$\rho = (q_{n+1} - q_n) / (h_{n+1} - h_n) = \Delta q / \Delta h,$$

где  $\Delta q, \Delta h$  – интервал (величина) изменения удельных притоков и соответствующие им изменения напоров на исследуемом участке.

Практически по сравниваемым конструкциям коллекторов (от оси влево-вправо на 3 м) определяют напоры и расходы, а затем определяют показатели водоприемной способности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по контролю состояния, безопасности эксплуатации и эффективности работы дренажа на мелиоративных системах. – Новочеркасск: ГУ «ЮжНИИГиМ», 2001. – 71 с.

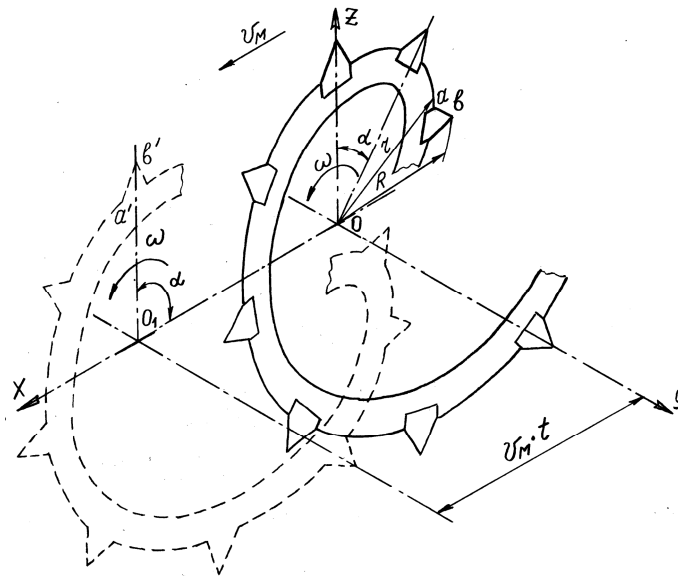
УДК 631.722.001.1

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКА МОЩНОСТИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ВИНТОВОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ОКАШИВАНИЯ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Т.А. Погоров

ФГНУ «РосНИИПМ»

Режущий аппарат винтового типа имеет горизонтальную ось вращения. Он скашивает, измельчает и транспортирует измельченную массу растительности в транспортное средство или в валок. У этого режущего аппарата ножи установлены на периферии витков винтовой линии (рисунок 1), их траектория движения в горизонтальной плоскости не повторяется, следовательно, отсутствует повторный срез одного и того же стебля растения на корню, что позволяет ему осуществлять процесс резания стеблей растений с меньшими затратами мощности, чем при работе серийно выпускаемых режущих аппаратов роторного типа.



**Рис. 1. Винтовой режущий аппарат**

Кроме того, он является наиболее перспективным из всех видов роторных рабочих органов в плане безопасности в работе, малой металлоемкости.

При расчете мощности, необходимой для резания и измельчения растений винтовому режущему аппарату, нужно учитывать сумму высот всех одновременно участвующих в работе ножей [1, с. 137-138]:

$$H = \sum_{i=0}^{m-1} h_i \approx \frac{2\pi V_m}{m\omega \operatorname{tg}\beta} \sum_{i=0}^{m-1} \sin \varphi_i = \frac{2\pi V_m}{m\omega \operatorname{tg}\beta} \sum_{i=0}^{m-1} \sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{m}i\right), \quad (1)$$

$$\left(\frac{2\pi}{m}\right) > \varphi > 0.$$

Это выражение имеет смысл при условии  $\sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{m}i\right) > 0$ .

Следовательно, при четном числе ножей  $m$  режущего аппарата верхний предел суммы  $i = \frac{m}{2} - 1$ .

Проанализируем, как меняется суммарная рабочая высота ножей при неограниченном возрастании их числа, установленных на периферии витков шнека, т.е. найдем сумму тригонометрического ряда (1) при  $m \rightarrow \infty$ . В этом случае  $\varphi \rightarrow 0$  (т.е. периферия витков шнека превращается в сплошной режущий нож).

Для нахождения этого предела перейдем от нижнего предела суммы  $i = 0$  к нижнему пределу  $i = 1$ .

Тогда

$$H = \frac{2\pi V_m}{m\omega \operatorname{tg}\beta} \left[ \sin \varphi + \sum_{i=1}^{m-1} \sin \left( \varphi - \frac{2\pi}{m} \cdot i \right) \right]. \quad (2)$$

Правую часть выражения (2) разделим и умножим на  $2 \sin \frac{\pi}{m}$ :

$$H = \frac{\pi V_m}{m\omega \operatorname{tg}\beta \sin \frac{\pi}{m}} \left[ 2 \sin \varphi \sin \frac{\pi}{m} + \sum_{i=1}^{m-1} 2 \sin \frac{\pi}{m} \sin \left( \varphi - \frac{2\pi}{m} \cdot i \right) \right].$$

Но

$$2 \sin \varphi \sin \frac{\pi}{m} = \cos \left( \varphi - \frac{\pi}{m} \right) - \cos \left( \varphi + \frac{\pi}{m} \right);$$

$$2 \sin \frac{\pi}{m} \sin \left( \varphi - \frac{2\pi}{m} \cdot i \right) = \cos \left( \frac{\pi}{m} - \varphi + \frac{2\pi}{m} \cdot i \right) - \cos \left( \frac{\pi}{m} + \varphi - \frac{2\pi}{m} \cdot i \right).$$

Тогда

$$H = \frac{\pi V_m}{m\omega \operatorname{tg}\beta \sin \frac{\pi}{m}} \left\{ \cos \left( \varphi - \frac{\pi}{m} \right) - \cos \left( \varphi + \frac{\pi}{m} \right) + \sum_{i=1}^{m-1} \left[ \cos \left( \frac{\pi}{m} - \varphi + \frac{2\pi}{m} \cdot i \right) - \cos \left( \frac{\pi}{m} + \varphi - \frac{2\pi}{m} \cdot i \right) \right] \right\} =$$

$$= \frac{\pi V_m}{m\omega \operatorname{tg}\beta \sin \frac{\pi}{m}} \left[ \cos \left( \varphi - \frac{\pi}{m} \right) - \cos \left( \varphi + \frac{\pi}{m} \right) + \cos \left( \frac{3\pi}{m} - \varphi \right) - \cos \left( \frac{3\pi}{m} + \varphi - \pi \right) \right].$$

Перейдем к пределу этого выражения, при  $m \rightarrow \infty$  и  $\varphi \rightarrow 0$ :

$$\lim_{\substack{m \rightarrow \infty \\ \varphi \rightarrow 0}} H = \lim_{\substack{m \rightarrow \infty \\ \varphi \rightarrow 0}} \frac{\frac{\pi}{m}}{\sin \frac{\pi}{m}} \cdot \frac{V_m}{\varphi} \left[ \cos \left( \varphi - \frac{\pi}{m} \right) - \cos \left( \varphi + \frac{\pi}{m} \right) + \cos \left( \frac{3\pi}{m} - \varphi \right) - \cos \left( \frac{3\pi}{m} + \varphi - \pi \right) \right] = 2 \frac{V_m}{\omega \operatorname{tg}\beta}. \quad (3)$$

Из выражения (3) видно, что чем больше режущих ножей расположено на винтовой линии, тем точнее оно выполняется, а в идеале винтовая линия должна выполнять роль ножа. Примером такого режущего аппарата является работа [2, с. 65-68].

Используя удельное сопротивление срезу  $p$ , приходящееся на единицу рабочей высоты ножа, можно определить необходимый

крутящий момент для резания и измельчения растений, на винтовом режущем аппарате по формуле (4):

$$M_{кр} = \sum_{i=0}^{m-1} p h_1 \left( R - \frac{h_1}{2} \right) = \frac{p \pi V_m}{m \omega \operatorname{tg} \beta} \sum_{i=0}^{m-1} \left[ D - \frac{2 \pi V_m}{m \omega \operatorname{tg} \beta} \cdot \sin \left( \varphi - \frac{2 \pi}{m} \cdot i \right) \right] \cdot \sin \left( \varphi - \frac{2 \pi}{m} \cdot i \right). \quad (4)$$

Мощность, необходимая винтовому режущему аппарату для резания и измельчения растений, определяется по формуле (5) и приведена в таблице:

$$N = M_{кр} \omega. \quad (5)$$

Таблица

### Результаты расчета мощности винтового режущего аппарата

Показатели	Единица измерения	Холостой ход	Угол наклона окашиваемой поверхности		
			< 0°	< 30°	< 45°
Средняя скорость косилки, $V_m$	м/с (км/ч)	0,742 (2,7)	0,742 (2,7)	0,742 (2,7)	0,742 (2,7)
Угловая скорость ножа, $\omega$	сек <sup>-1</sup>	90	90	90	90
Крутящий момент на ВОМ, $M_{кр}$	Нм	95,6	188,54	177,2	173,28
Крутящий момент, затрачиваемый на резание и измельчение растительности, $M_{кр}$	Нм	-	92,94	81,16	77,68
Мощность, затрачиваемая от ВОМ трактора	кВт/м	8,6	16,97	15,95	15,6
Мощность, затрачиваемая на резание и измельчение растительности	кВт/м	-	8,37	7,3	6,99

В таблице приведены усредненные данные расчета мощности винтового режущего аппарата.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Долгов. – М.: Машиностроение, 1967. – С. 131-138.
2. Селиванов, В.А. Исследование транспортирующей способности винтового измельчающего аппарата / В.А. Селиванов, В.В. Кульдякин // Совершенствование конструкций и методов использования

машин в сельском хозяйстве: труды Волгоградского с.-х. ин-та, 1975. – Т. LVII. – С. 65-68.

УДК 628.821.3.004:632.51

## **ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ВЫСОТЫ ЕЕ СРЕЗА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ ЮФО**

Т.А. Погоров  
ФГНУ «РосНИИПМ»,

А.В. Федирко  
ФГОУ КИППК

Исследованиями И.Т. Васильченко и О.А. Пидоти [1] установлено, что на каналах и водоемах Южного федерального округа (ЮФО) произрастает свыше 70 видов растительности. По данным исследований [2, 3] установлено, что среди сорной растительности, произрастающей на мелиоративных каналах ЮФО, по урожайности массы травы (в пересчете на 18 % влажность массы) преобладает тростник (камыш), который составляет 90-92 % от общего количества растений (табл. 1). На долю остальных растений приходится от 2 до 10 % (пырей ползучий, цикорий, злаковые, рогоз, осока, молочай и др.).

Тростник размножается семенным и вегетационным способом, вегетативное размножение имеет преимущество перед семенным. К моменту отмирания основания (10/X) высота надземной части тростника достигает 128-480 см, а диаметр колеблется от 4,76 до 12,4 мм.

Таблица 1

### **Характеристика зарастания каналов растительностью**

Показатели	Единица измерений	Значения показателей
Высота травостоя	м	0,5...4,8
Густота травостоя	шт./м <sup>2</sup>	1200...2000
Урожайность массы в пересчете на 18 %-ую влажность	ц/га	220
Влажность массы	%	23
Ботанический состав:	%	
- камыш		91,4
- цикорий		1,3
- злаковые		2,5
- разнотравье		4,8

Интенсивное развитие растительности, и следовательно, снижение пропускной способности мелиоративных каналов, совпадает с проведением поливов сельскохозяйственных культур (табл. 2) и снижает их плановое выполнение в мае-июне на 20-50 % [3].

Таблица 2

**Среднесуточный прирост тростника на внутреннем откосе канала**

Месяцы	апрель	май	июнь	июль	август
Среднесуточный прирост, мм	1,2	3,9	4,4	2,2	1,4

Многими исследователями установлено [2, 3], что в течение поливного периода необходимо уничтожать сорную растительность трижды, иногда четыре раза. Это значит, что для ЮФО за апрель-сентябрь необходимо провести 3-4 окашивания на общей длине канала 226,8 тыс. км [4].

У многих каналов периодического действия русла также зарастают по всему периметру растительностью (тростник, рогоз, осот и др.). Древесно-кустарниковая растительность обычно располагается выше уреза воды. В заросших каналах создается существенное сопротивление движению воды. На зарастание каналов младшего порядка оказывает влияние несогласованность транспортирующих способностей их с каналами старшего порядка. Так, в первом эксплуатационном отделении Багаевско-Садковской ОС скорость воды в каналах старшего порядка Бг-4-х-1 равна 0,45-1,10 м/с, а в канале младшего порядка У-4-55 0,11-0,30 м/с, что приводит к осветлению воды и зарастанию канала по всему сечению.

Зарастание русел сорной растительностью повышает коэффициент шероховатости, снижает скорости, уменьшает пропускную способность каналов, повышает потери воды на фильтрацию и испарение [4-5].

Данные исследований [5, 6] показывают, что снижение пропускной способности при зарастании каналов происходит не столько за счет уменьшения поперечного сечения русла, сколько за счет гидравлических сопротивлений, вызываемых растительностью.

Следовательно, режущие аппараты мелиоративных косилок должны при работе оставлять высоту стерни такой, чтобы она оказывала минимальное влияние на гидравлические сопротивления, от которых зависит пропускная способность канала.



Вопросу обоснования высоты среза растительности в каналах, заполненных водой, не уделено должного внимания ни одним из разработчиков мелиоративных косилок.

Для определения оптимальной высоты среза растительности нами были проведены полевые исследования. Исследования проводились согласно методикам [7-8].

Для канала Бг-4-х-1 (Багаевско-Садковская УОС, Ростовской области) при уклоне 0,0006 был принят опытный участок длиной  $L = 150$  м, с параметрами низменности по всей длине участка. Опыты сводились к пропуску различных расходов воды и замеру ее горизонтов перед насадкой и после нее при постоянной шероховатости русла канала. По окончании данной серии опытов производилось окашивание растительности на определенную высоту, а затем выполнялась серия опытов. Исследования проводились последовательно на заросшем канале с растительностью высотой  $h_{CP} = 0,45; 0,10; 0,05$  м. Полученные опытные данные послужили основой последующего расчета гидравлических элементов канала [9, 10].

Площадь живого сечения канала определялась по формуле

$$\omega_k = bh + mh^2,$$

где  $b$  – ширина русла канала по дну, м;

$m$  – коэффициент заложения откосов;

$h$  – глубина воды в канале, м.

Смоченный периметр:

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}, \text{ м.}$$

Гидравлический радиус:

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \text{ м.}$$

Расход воды определяем, действуя согласно рекомендациям [7] тарированной водомерной насадкой № 6 по формуле:

$$Q = \mu\omega_n\sqrt{2gz}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $\mu = 0,95$  – коэффициент расхода для русел круглого сечения;

$\omega_n$  – площадь выходного отверстия насадки, м<sup>2</sup>;

$g = 9,81$  – ускорение свободного падения тела, м/с<sup>2</sup>;

$z$  – разность отметок горизонта воды в В.Б. и Н.Б., м.

Средняя скорость течения воды в канале:

$$V = Q / \omega_{\kappa}.$$

Для уточненного расчета гидравлических сопротивлений в заросших руслах обычно используется формула Н.Н. Павловского [5]:

$$C = R^y / n, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1)$ ;

$n$  – коэффициент шероховатости.

При расчете по этой формуле основная трудность заключается в определении коэффициента шероховатости  $n$ . Выбор значения  $n$  равносильен определению сопротивления течению, природа которого на современном этапе знаний в сущности непостижима. Учитывая это, коэффициенты шероховатости определялись по фактически замеренным гидравлическим данным по формуле Маннинга, преобразованной другими исследователями в следующий вид (в метрических единицах) [11]:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{0,5},$$

отсюда:

$$n = \frac{R^{\frac{2}{3}} i^{0,5}}{V}.$$

Расчеты проводились в ФГНУ «РосНИИПМ» с использованием базовой прикладной компьютерной программы Microsoft Office Excel. Полученные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

### Гидравлические элементы канала Бг 4-х-1

№ п/п	$h_0$ , м	$h_n$ , м	$Z$ , м	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\omega$ , м <sup>2</sup>	$\chi$ , м	$R$ , м	$V$ , м/с	$C$ , м <sup>0,5</sup> /с	$n$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заросший										
1	1,1	0,867	0,243	0,260	2,147	3,983	0,539	0,121	6,72	0,128
2	1,019	0,808	0,201	0,236	1,874	3,721	0,503	0,126	7,28	0,116
3	0,936	0,765	0,171	0,218	1,641	3,481	0,438	0,133	8,04	0,115
4	0,887	0,741	0,139	0,197	1,51	3,34	0,452	0,13	8,0	0,117
С высотой среза 0,15 м										
1	0,686	0,441	0,245	0,262	1,025	2,76	0,371	0,254	17,6	0,041

Продолжение таблицы 3

1										
2	0,624	0,429	0,195	0,233	0,891	2,581	0,345	0,261	18,12	0,039
3	0,572	0,409	0,163	0,213	0,786	2,431	0,323	0,271	19,5	0,037
4	0,523	0,392	0,131	0,191	0,691	2,389	0,289	0,276	21,07	0,037
С высотой среза 0,10 м										
1	0,625	0,390	0,235	0,256	0,894	2,584	0,346	0,287	19,9	0,035
2	0,608	0,387	0,221	0,248	0,858	2,535	0,338	0,289	20,0	0,034
3	0,56	0,377	0,183	0,226	0,763	2,396	0,318	0,246	21,45	0,034
4	0,49	0,354	0,136	0,195	0,631	2,196	0,288	0,308	23,51	0,034
С высотой среза 0,05 м										
1	0,586	0,351	0,235	0,256	0,814	2,471	0,329	0,315	22,46	0,031
2	0,551	0,345	0,206	0,240	0,746	2,370	0,313	0,322	23,47	0,031
3	0,506	0,330	0,175	0,221	0,659	2,237	0,294	0,335	25,20	0,029
4	0,471	0,321	0,150	0,205	0,598	2,139	0,280	0,341	26,23	0,030
Чистый без растительности										
1	0,571	0,322	0,249	0,264	0,788	2,428	0,319	0,335	24,64	0,030
2	0,543	0,314	0,229	0,253	0,730	2,347	0,311	0,346	25,34	0,029
3	0,482	0,301	0,181	0,225	0,617	2,171	0,284	0,364	28,00	0,028
4	0,423	0,288	0,135	0,194	0,516	2,001	0,258	0,376	30,32	0,026

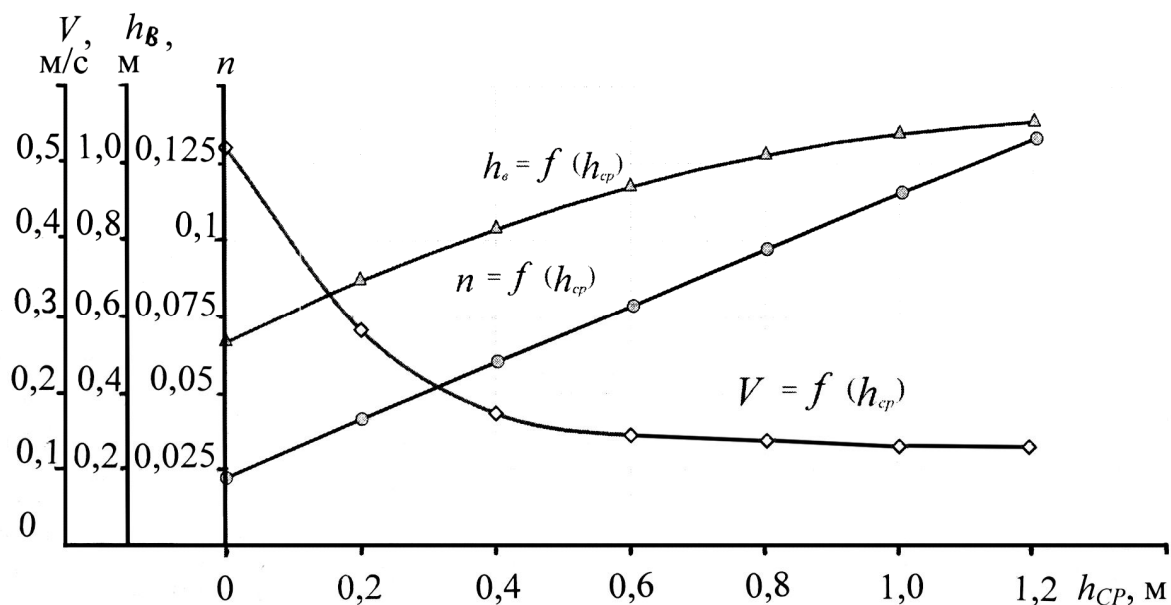
Данные гидрометрических измерений позволили нам определить изменение коэффициентов шероховатости ( $n$ ), скоростей течения воды в каналах, пропускной способности канала: а) заросшего; б) с высотой среза растительности 0,15, 0,10, 0,05 м; в) на чистом (без растительности) [12]. По данным табл. 3 построены графики функциональной зависимости: скорости воды от высоты растительности; изменения коэффициента шероховатости от высоты растительности; наполняемости канала водой от высоты растительности, которые представлены на рис. 1, и описываются уравнениями:

$$V = -0,9827h_{cp}^3 + 2,1907h_{cp}^2 - 1,587h_{cp} + 0,521, \quad R^2 = 0,9998;$$

$$n = -0,0034h_{cp}^2 + 0,1052h_{cp} + 0,0164, \quad R^2 = 0,9998;$$

$$h_g = -0,321h_{cp}^2 + 0,8616h_{cp} + 0,5407, \quad R^2 = 0,9984.$$

Согласно рекомендациям [5, 6], для работы каналов в режимах, близких к проектным отметкам, необходимо, чтобы коэффициент шероховатости находился в пределах 0,033-0,035.



**Рис. 1. Графики зависимости:** скорости воды от высоты растительности; коэффициента шероховатости от высоты растительности и наполняемости канала водой от высоты растительности

По данным табл. 2 и анализа кривой  $n = f(h_{ср})$ , и полученных коэффициентов функциональной зависимости, представленных на рисунке 1, можно сделать следующие выводы:

- растительность необходимо скашивать за 1 сезон 3-4 раза;
- высота стерни  $H_{СТ}$ , оставляемая режущим аппаратом, должна быть не более 0,10 м, чтобы она оказывала минимальное влияние на коэффициент шероховатости каналов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильченко, И.Т. Определитель сорных растений районов орошаемого земледелия / И.Т. Васильченко, О.А. Пидоти. – 2-е изд-е. – Л.: Колос, 1975. – 376 с.
2. Погоров, Т.А. Лабораторно-полевые исследования способов угнетения сорной растительности / Т.А. Погоров // Интенсификация рабочих процессов и совершенствование конструкций гидромелиоративных машин. – Новочеркасск, 1989. – С. 71-74.
3. Долгушев, И.А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов / И.А. Долгушев. – М.: Колос, 1975. – 135 с.
4. Костяков, А.Н. Основы мелиорации / А.Н. Костяков. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 623 с.

5. Павловский, Н.Н. Гидравлика открытых каналов / Н.Н. Павловский. – Л.-М.: Энергия, 1937. – 890 с.
6. Чугаев, Р.Р. Гидравлика / Р.Р. Чугаев. – М.-Л.: Энергия, 1963. – С. 173-188.
7. Рекомендации по измерению расхода воды в открытых руслах оросительных систем Северного Кавказа / В.И. Ольгаренко [и др.]. – Новочеркасск, 1982. – 80 с.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
9. Справочник по гидротехническим расчетам / П.Г. Киселев, А.Д. Альтшуль, Н.Е. Данильченко и др.; под общ. ред. П.Г. Киселева. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.
10. Агроскин, И.И. Гидравлика / И.И. Агроскин, Г.Т. Дмитриев, Ф.И. Пикалов. – Л.: Энергия, 1964. – С. 160-180.
11. Чоу, В.Т. Гидравлика открытых каналов / В.Т. Чоу. – М.: Литература по строительству, 1969. – 464 с.
12. Погоров, Т.А. Скашивание растительности из мелиоративных каналов косилками шнекового типа: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т.А. Погоров. – Новочеркасск, 2005. – 24 с.

УДК 631.587:631.459.001.18

## **СПОСОБ РАСЧЕТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОРОШАЕМЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ**

С.М. Васильев, Л.А. Митяева, М.А. Щедрин

ФГНУ «РосНИИПМ»

Наиболее существенным разрушительным процессом природных ресурсов является эрозия почвенного покрова, особенно черноземов, возникающая в результате несоблюдения технологии орошения. Сейчас остро стоит вопрос о сохранении черноземов, о экологически безопасной продолжительности их орошения.

Мы попытались затронуть лишь отдельные стороны этой большой, сложной проблемы – разработки аналитического способа расчета и прогнозирования с допустимым для практики приближением эрозионных явлений, возникающих при орошении дождеванием. Меры по улучшению водного режима черноземов являются, безусловно,

фактором положительным. Однако при несоблюдении технологии орошения вода, попадающая в почву, нередко приводит к ирригационному смыву, отрицательно влияющему на ее основные свойства. В работе [1] подробно описаны причины и характер изменения основных свойств почв под влиянием различных агроирригационных факторов. На основе этих исследований в лаборатории проблем экологии в мелиорации ФГНУ «РосНИИПМ» разработан способ расчета и прогнозирования ирригационной эрозии.

Эрозия почвенной системы при различных внешних воздействиях является результатом совокупного протекания отдельных процессов, обусловленных разными группами факторов риска (уклон орошаемого поля, большой объем поданной воды, время полива и др.). Ирригационная эрозия черноземов представляет собой динамический процесс, сопровождающий стадию нисходящего развития системы [2].

Прогнозирование отдельных процессов ирригационной эрозии вследствие воздействия различных элементов техники полива продолжает оставаться сложной и не достаточно изученной проблемой. Высоко оценивая работы по прогнозированию ирригационной эрозии в предыдущие годы, отметим, что они не дают достаточного количественного представления о доле вклада отдельных процессов в общую суммарную ирригационную эрозию почвенной системы. Нам представляется, что в основу искомого подхода должна быть положена концепция: любая почва при орошении подвергается различному ирригационному смыву и тем самым риску наступления неблагоприятного состояния. Если этот риск будет слишком велик, то почвенная система будет деградирована и даже выведена из строя. Искомое аналитическое решение должно позволить оценить степень риска, присущего ирригационному смыву, обусловленному случайностью и неопределенностью факторов, устанавливая их в зависимости от характеристик, их определяющих, а также распознавать возможные последствия воздействий внешних и внутренних случайных факторов [3].

При выборе модели в первую очередь следует учитывать статистическую случайную природу самой почвы, являющуюся подлинно случайным телом, и изменчивый характер протекания физических, механических, физико-химических, биофизических и других процессов при ирригационной эрозии почв. Таким образом, для описания изменчивых случайных эрозионных процессов явное предпочтение

заслуживают методы теории вероятности и теории случайных процессов.

Рассмотрим пример оценки различного состояния пахотного слоя почв, подвергнутого развитию эрозии при орошении, используя данные, взятые из табл. 5, приведенной в работе [1]. По изменению биохимического показателя в упомянутой таблице указано, что при «нормальном» состоянии запас гумуса (% от исходного) составляет меньше <10, при «низком» – 10-20 (в среднем 15), при «среднем» – 21-30 (в среднем 25), а при «высоком» уровне неблагоприятного состояния – > 30 %. Для решения задачи используется уравнение ненаступления неблагоприятного состояния почвы. С позиции теории надежности функциональная способность наступления неблагоприятного состава почвы характеризуется областью предельных состояний, выход за пределы которой квалифицируется как отказ почвенной системы [3]:

$$P(t) = \Phi\left(\frac{\mu - t}{\alpha\mu\sqrt{t}}\right);$$

$$\mu = \frac{a}{m}; \quad \alpha = \frac{\sigma}{\sqrt{am}};$$

$$r(t) = 1 - P(t).$$

Средняя скорость  $m$  изменения определяющего параметра устанавливается по данным табл. 5 [1], в которой указывается, что длительность глубоких необратимых преобразований орошаемых черноземов колеблется от 2-3 до 8-10 лет, т.е. в среднем 5 лет. Таким образом, средняя скорость изменения определяющего параметра будет  $m = \frac{30 - 10}{5} = 4$ . Табличные данные показателей почв делятся на 3 этапа: 10-15; 15-25; 25-30. Таким образом, каждый этап длится  $5:3=1,66(6)$  лет. Тогда средняя скорость  $m$  изменения определяющего параметра по этапам будет

$$\frac{10 - 15}{1,666} = 3,0; \quad \frac{15 - 25}{1,666} = 6,0; \quad \frac{25 - 30}{1,666} = 3,0.$$

$$\text{Среднее значение } m = \frac{6,0 + 3,0 + 3,0}{3} = 4.$$

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение средней скорости  $m$  изменения определяющего параметра и обычно устанавливается обработкой данных наблюдений. При их отсутствии значение этих данных определяется приближенными приемами математической статистики. Приблизительно среднее квадратическое отклонение просто и быстро может быть установлено по формуле [4]:

$$\sigma = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K},$$

где  $X_{\max}, X_{\min}$  – соответственно наибольшее и наименьшее значения измеряемой величины;  $K$  – коэффициент, зависящий от количества наблюдений  $n$ . Этот способ впервые был предложен Типпетом [4]. Тогда среднее квадратическое отклонение может быть вычислено следующим образом:

$$\sigma = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{K} = \frac{6 - 3}{1,69}; \quad \sigma = 1,78.$$

Условно за начальный (нормальный) период примем  $t = 0,01$  лет (3,65 дня),  $a = 10$ , т.к. в течение данного промежутка времени не происходит глубоких необратимых преобразований орошаемых черноземов:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{a}{m} = \frac{10}{4} = 2,5; \quad \alpha = \frac{\sigma}{\sqrt{am}} = \frac{1,78}{\sqrt{10 \cdot 4}} = 0,28; \\ \alpha\mu\sqrt{t} &= 0,28 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{0,01} = 0,07; \\ P(t) &= \Phi\left(\frac{\mu - t}{\alpha\mu\sqrt{t}}\right) = \Phi\left(\frac{2,5 - 0,01}{0,07}\right) > 0,999999. \end{aligned}$$

Следовательно, вероятность отсутствия неблагоприятного состояния почвенного покрова в начале эксплуатации будет:

$$P(t) > 0,999999; \quad \text{риск } r < 10^{-7}.$$

Для этапа, соответствующего «низкому уровню наступления неблагоприятного состояния» (период примем равным  $t = 2$  года,  $a = 15$ ), будет:

$$\mu = \frac{15}{4} = 3,75; \quad \alpha = \frac{1,78}{\sqrt{15 \cdot 4}} = 0,21;$$



$$\alpha\mu\sqrt{t} = 0,21 \cdot 3,75 \cdot \sqrt{2} = 1,11;$$

$$P(t) = \Phi\left(\frac{3,75 - 2,0}{1,11}\right) = \Phi(1,58).$$

По таблице [5] можно найти значения

$$P(t) = \Phi(1,58) = 0,94295;$$

$$P(t) = 0,94295;$$

$$r = 1 - 0,94295 = 0,05705.$$

Для периода «среднего уровня наступления неблагоприятного состояния» (период примем равным  $t = 4$  года,  $a = 25$ ) имеем:

$$\mu = \frac{25,0}{4} = 6,25; \quad \alpha = \frac{1,78}{\sqrt{25 \cdot 4}} = 0,178;$$

$$\alpha\mu\sqrt{t} = 0,178 \cdot 6,25 \cdot \sqrt{4} = 2,22;$$

$$P(t) = \Phi\left(\frac{6,25 - 4}{2,22}\right) = 0,8438;$$

риск  $r = 1,0 - 0,8438; r = 0,1562.$

В конце эксплуатации ( $t = 5$  лет,  $a = 30$ ):

$$\mu = \frac{30}{4} = 7,5; \quad \alpha = \frac{1,78}{\sqrt{30 \cdot 4}} = 0,1626;$$

$$\alpha\mu\sqrt{t} = 0,1626 \cdot 7,5 \cdot \sqrt{5} = 2,72;$$

$$P(t) = \Phi\left(\frac{7,7 - 5}{2,72}\right) = 0,8212;$$

риск  $r = 1,0 - 0,8438; r = 0,1788.$

Таким образом, аналитическим путем показано, что нормальному состоянию почв соответствует вероятность отсутствия неблагоприятного состояния, равная  $P > 0,999999$ , т.е. риск наступления почти равен нулю. Указанному в статье [1] «низкому уровню», как показывает расчет, соответствует риск  $r = 0,05$ , «среднему уровню» –  $r = 0,16$ , «высокому уровню» – риск  $r = 0,18$ . Стало быть, при «низком уровне» риск наступления неблагоприятного состояния приблизительно превосходит таковой при «низком уровне состояния» –  $\frac{0,18}{0,05} \approx 3,6$  раза,

при «среднем уровне» –  $\frac{0,18}{0,16} \approx 1,125$  раза.

Доступность получения необходимых для расчета данных позволяет считать, что предложенный способ расчета может быть использован для приближенного прогноза эрозии почв. Одним из основных достоинств этого способа является то, что его можно применить для сравнения вариантов техногенной эрозии почв при орошении черноземов. При этом для каждого варианта вычисляется риск. Вариант эксплуатации почв с наименьшим риском с учетом экономичности, как правило, является оптимальным и экологически приемлемым.

#### **Выводы:**

1. Предложенный способ расчета и прогнозирования эрозионных процессов позволяет оптимизировать параметры орошения черноземов Ростовской области при толерантном значении риска появления неблагоприятных состояний в результате ирригационной эрозии.

2. При наличии данных наблюдений за изменениями свойств почвенного покрова под воздействием факторов орошения предложенный способ позволит предсказать процесс эрозии с достаточным для практического использования приближением.

3. Предложенный способ рекомендуется использовать для предсказания риска наступления неблагоприятного состояния при эрозии орошаемых почв, а в сочетании с имеющимся опытом предыдущих исследований [4] достаточен для обоснованного заключения о целесообразности орошения.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зимовец, Б.А. Оценка деградации орошаемых почв / Б.А. Зимовец [и др.] // Почвоведение. – 1998. – № 9. – С. 1119-1126.

2. Кузнецов, М.С. Эрозия и охрана почв: учебник / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.

3. Мирцхулава, Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1970. – 239 с.

4. Толоконцев, Н.А. Вычисление среднего квадратического отклонения: тезисы докладов Третьего совещ. по применению математических методов в биологии / Н.А. Толоконцев. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1961. – 83 с.

5. Ликеш, И. Основные таблицы математической статистики / И. Ликеш, И. Ляга. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 356 с.

**ВОПРОСЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
МЕТОДОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА  
ОТ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ  
В ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

Н.И. Балакай  
ФГНУ «РосНИИПМ»

Учеными России и зарубежных стран установлено, что основная масса загрязняющих биогенных веществ поступает в водные объекты с поверхностным стоком талых и ливневых вод с земель сельскохозяйственного назначения. В отдельных случаях доля биогенных веществ, поступивших с земель сельскохозяйственного использования, достигает до 50 % и даже до 70 % от общей массы их поступления. Они наносят определенный ущерб водным объектам и ухудшают экологию природных систем.

При экологической оценке отрицательного воздействия принято различать два понятия: вред и ущерб. Вред определяет степень ухудшения качества природной среды в баллах, кг, т и других единицах измерения. Ущерб определяет степень воздействия на природную среду, исчисленный в материальных затратах, т.е. стоимостном выражении (в рублях).

В данном случае под ущербом поверхностным водным объектам (ПВО) от диффузного стока принято понимать снижение в результате внешнего воздействия нормального (или заданного) уровня состояния водной системы или стандарта качества объекта, значимое с точки зрения устойчивости этой системы или ее потребительских качеств.

В основу исчисления ущерба от диффузного стока положена концепция полной компенсации затрат на восстановление утраченного качества водного объекта. Ущерб оценивается в сопоставимых единицах, определенных, чтобы компенсировать ухудшение качества водных объектов.

Анализ существующих нормативных документов в области определения ущерба [1, 2, 3] показывает, что они дают возможность установить, какова величина негативных изменений в водной среде и установить возможные затраты на восстановление утраченного качества. При этом определение массы сброшенного вещества является ключевым в расчетах ущерба от поверхностного стока талых и дож-

девых вод с земель сельскохозяйственного значения. В то же время все существующие до настоящего времени методические указания по определению загрязнения водных объектов и исчисления ущерба основаны на первичном определении поступления загрязняющих веществ непосредственно в водный объект (реку, водоем) на существующих гидрохимических и гидрологических постах и створах и, затем, на расчете ущерба от ЗВ, поступивших со всего водосбора.

Однако при этом не учитывается, что на водосборе даже малых рек располагается несколько землепользователей, и определить, кто из них и какой размер вреда нанес – не представляется возможным. Например, учет факта загрязнения ПВО происходит после завершения ливней, т.е. уже свершившегося факта стока и поступления ЗВ. В этом случае невозможно определить виновника и ущерб распределяется на всех землепользователей, находящихся на учитываемом водосборе.

Существующие методики не позволяют разграничить ответственность отдельно взятого землепользователя, поэтому сотрудниками РосНИИПМ была проведена работа по решению именно этого, основного вопроса – как определить размеры поверхностного стока, массы ЗВ и ущерба от него для отдельно взятого землепользователя, земли которого занимают только часть водосбора.

Согласно Приказу МПР РФ от 30 марта 2007 г. № 71 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства», исчисление ущерба от поступления в водные объекты ЗВ должны производить при поступлении в ПВО диффузного стока с превышением предельно допустимых концентраций вредных веществ в зависимости от вида водопользования. В качестве норматива принято качество воды для рыбохозяйственного водопользования ( $ПДК_{p/x}$ ).

Однако в них не учитывается фоновое загрязнение ПВО. Но в большинстве случаев, особенно в засушливой и сухой зонах России, фоновое качество воды в ПВО зачастую уже превышает  $ПДК_{p/x}$  по некоторым ЗВ. Поэтому до предъявления штрафных санкций за поступление ЗВ в ПВО необходимо знать фоновые показатели качества воды в водном объекте, и исчисление ущерба в этом случае, во избежание судебных тяжб с землепользователями, необходимо проводить при превышении  $ПДК_{p/x}$  или природного фонового загрязнения, если фоновое загрязнение превышает  $ПДК_{p/x}$ .

Основанием для исчисления ущерба является поступление стока с содержанием  $i$ -го вредного вещества, превышающего ПДК<sub>р/х</sub>.

Расчет массы загрязняющих веществ ( $M_i$ ), поступивших в ПВО с поверхностным стоком, и разграничение ответственности землепользователей за ущерб должно производиться на основе натуральных наблюдений (инструментальные измерения, отбор проб, лабораторный анализ проб и пр.).

Вместе с тем необходимо учитывать, что на гидрохимических постах и створах производится учет качества воды жидкой фазы диффузного стока. В то же время диффузный сток с земель сельскохозяйственного значения состоит из стока воды и стока наносов (почвы).

Жидкая фаза стока содержит ЗВ, растворенные в воде в определенной концентрации, а сток наносов определяется мутностью стока и количеством веществ (ил, мелкозём и пр.), находящихся во взвешенном состоянии и переносимых с полей в водотоки постоянные (реки) и временные (овраги, балки, ложбины и пр.).

Массу поступивших загрязняющих веществ с водой, илом и мелкоземом определяют в первую очередь в водных объектах: реках, проточных озерах и водохранилищах и непроточных прудах и озерах, где имеются государственные посты и створы наблюдений. Для разграничения ответственности за ущерб нескольких землепользователей, находящихся на одном водосборе, необходимо дополнительно создавать временные посты наблюдений так же во временных водотоках (суходольные балки, овраги, ложбины, дренажно-сбросные коллекторы периодического заполнения и пр.), являющихся базисом эрозии для конкретного участка водосбора.

При этом весь водосбор можно разделить на ряд более мелких частей с характерными признаками – реки большие, реки малые, озера проточные и непроточные (пруды), дренажно-сбросные коллекторы с осушаемых и орошаемых земель на этом водосборе и суходольные временные водотоки (овраги, балки, ложбины и пр.).

Наиболее достоверные данные сброса ЗВ в ПВО дают натурные исследования гидрологических и гидрохимических лабораторий. Однако они производят учеты только в водотоках или непосредственно в водных объектах, поэтому установить виновника загрязнения по натурным исследованиям становится невозможным при наличии на водосборе нескольких землепользователей, поэтому актуальным и не-

обходимым становится разработка других методов, позволяющих разграничить ответственность.

Таким образом, в существующих нормативных документах изложена достаточно полно методология исчисления ущерба от загрязнения ПВО по укрупненным показателям и коэффициентам. Однако в них нет описания метода разграничения ответственности землепользователей, находящихся на одном водосборе, выше поста гидрологических и гидрохимических наблюдений, поэтому нужны некоторые уточнения методологии определения виновника загрязнения, исчисления размера ущерба и разграничения ответственности землепользователей на части водосбора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МПР РФ от 30 марта 2007 г. № 71 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства».

2. РД 54.24.309-92. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши в сети Роскомгидромета.

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

УДК 626.82.004:631.671.001.18

### **ПРОГНОЗ И ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ЕСТЕСТВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ<sup>1</sup>**

И.В. Ольгаренко

ФГОУ ВПО «НГМА»

Плановое водопользование – основа оперативной деятельности как отдельных водопользователей, так и оросительной системы в целом. В задачу планирования входят: определение забора воды из источника орошения; своевременная (в нужные сроки и в необходимых объемах) подача ее водопользователям с последующим рациональным распределением по орошаемым участкам и полям; обеспечение нормального мелиоративного состояния орошаемых земель; проведение

---

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

ремонтных работ по поддержанию оросительной сети, имеющегося оборудования и устройств всех видов в технически исправном состоянии. Водопользование – неотъемлемая часть общего технологического процесса производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, а внутрихозяйственный план водопользования – часть производственно-финансового плана хозяйства (водопользователя).

Определение водопотребления сельскохозяйственных культур сопряжено со значительными трудностями, так как оно зависит от большого числа стохастических факторов. Достаточно полная характеристика влагообеспеченности может быть получена при анализе водного баланса орошаемого поля и определения основной его составляющей – суммарного испарения.

Интенсивность испарения зависит от соотношения между элементами водного и теплового баланса в системе почва-растение-атмосфера, от водно-физических свойств почвы, интенсивности турбулентного теплообмена приземных слоев воздуха и влажности корнеобитаемого слоя почвы, биологических особенностей растений.

Наиболее простой, но самый трудоемкий метод контроля влагообеспеченности поля – термостатно-весовой. Поэтому в практике орошаемого земледелия для оперативного контроля влажности почвы используют расчетные методы нормирования орошения.

Одно из главных требований расчетных методов – точное отражение динамики водного режима почвы, а в качестве параметров должны выступать показатели, получаемые в массовых наблюдениях на водобалансовых и агрометеорологических станциях. Этим требованиям отвечают биоклиматические методы, в которых отражается связь гидрометеорологических условий с биологическими особенностями растений на различных этапах онтогенеза. Однако у всех этих моделей есть важный недостаток – они применимы только в тех случаях, для которых они получены, так как биоклиматические коэффициенты суммарного испарения, входящие в эти модели, изменчивы, что приводит к значительным ошибкам при расчетах. Поэтому большое внимание уделяется уточнению методики расчета для конкретных условий, на основе количественной оценки влияния гидрометеорологических факторов на суммарное испарение при различном уровне влагообеспеченности с учетом фаз развития растений.

Для получения таких данных для полужасушливой зоны Ростовской области был заложен опыт на типовых участках ОАО «Нива»

Веселовского района Ростовской области. Получены количественные характеристики внутрисезонной динамики водного режима посевов кормовой свеклы и составляющих водного баланса, отражающие взаимосвязи процесса развития сельскохозяйственных культур с гидрометеорологическими условиями их произрастания.

Теплоэнергетические ресурсы климата, которые характеризуют испаряемость, наряду с осадками, определяют динамику влагозапасов почвы и оказывают первостепенное влияние на продуктивность растений. Результаты экспериментальных исследований указывают, что в пределах интервала от влажности завядания до верхней границы оптимального увлажнения (наименьшей влагоемкостью) с ростом урожайности растет и водопотребление, а также и нелинейный характер взаимосвязи состояния сельскохозяйственных культур, суммарного испарения с гидрометеорологическими условиями и влажностью почвы.

Изучение дифференцированных по фазам развития растений режимов орошения производилось в полевом опыте. Рабочей гипотезой для постановки опыта явилось положение, сформированное в результате анализа литературных источников и заключающееся в следующем. Даже при условии полного обеспечения растений водой, в зависимости от режима распределения оросительной воды в течение периода вегетации урожай может изменяться в 1,5-2,0 раза. Даже при достаточной влагообеспеченности при прохождении отдельных фаз развития создается различный режим почвенной влаги, а следовательно, и испарения, на которые еще накладывается изменчивость гидрометеорологических условий.

При дифференциации поливных норм и пропуске поливов фиксировались следующие фазы развития свеклы: 1 – посев-всходы; 2 – всходы-появление двух настоящих листьев; 3 – формирование листьев-начало образования корнеплодов; 4 – формирование корнеплодов-техническая зрелость.

Дифференциация поливных норм привела к различиям в динамике влажности почвы по вариантам. Так, без полива влажность почвы опустилась до 0,65 НВ; при снижении поливной нормы до 0,6 т (3 вариант) влажность снизилась до 0,7 НВ; при снижении поливной нормы до 0,8 т – 0,75 НВ; на варианте с 1,0 т соответственно до 0,8 НВ.



В дальнейшем при выдаче по всем вариантам поливных норм «m» влажность почвы снивелировалась и практически к 1 августа была по всем вариантам одинаковой с разницей в пределах точности опытов.

Пропуск полива в четвертую фазу привел к снижению влажности почвы до 0,65 НВ к 27 сентября, а дифференциация поливных норм 0,6 m; 0,8 m; 1,2 m – к снижению влажности почвы соответственно до 0,7 НВ; 0,75 НВ; 0,85 НВ. Оросительные нормы за период вегетации составили при пропуске полива 330 мм; при поливе нормой 0,8 m – 370 мм; 0,6 m – 360 мм; 1,2 m – 390 мм в «среднесухой» год. В «средний» год соответственно при пропуске полива – 260 мм; при поливе нормой 0,8 m – 276 мм; 0,6 m – 224 мм; 1,2 m – 310 мм при оросительной норме на контрольном варианте – 300 мм (таблица).

Максимальное снижение урожайности в случае недостаточной влагообеспеченности отмечено в фазу (Ф<sub>3</sub>). При пропуске полива в эту фазу урожайность уменьшалась на 11,5 т/га. При дифференцированных поливных нормах 0,6 и 0,8 М уменьшалась урожайность соответственно на 10,2 и 6,3 т/га, а при поливе нормой 1,2 М увеличилась на 1,5 т/га. Суммарное испарение изменялось от 516 до 559 мм.

Таблица

**Водный баланс и урожайность посевов свеклы в «средний» год по обеспеченности Д = 50 % период вегетации при дифференциации режима орошения по фазам развития**

Вариант опыта	Составляющие водного баланса, мм					Урожайность, т/га	К <sub>ЕТ</sub> , мм/т
	W <sub>Н</sub>	P	M	W <sub>k</sub>	ЕТ		
m	330	220	300	320	530	53,8	9,9
Пропуск полива в 1 фазу (Ф <sub>1</sub> )	330	220	260	310	500	51,6	9,7
Пропуск полива во 2 фазу (Ф <sub>2</sub> )	330	220	250	300	500	46,2	10,6
Пропуск полива в 3 фазу (Ф <sub>3</sub> )	330	220	250	290	510	42,9	11,7
Пропуск полива в 4 фазу (Ф <sub>4</sub> )	330	220	260	280	520	52,1	9,7
Средние показатели	330	220	264	308	506	49,3	10,3

Экспериментальные данные были использованы для установления закономерности влияния величины оросительных норм и фазы развития растений на суммарное испарение и урожайность. В результате обработки опытных данных методами математической статистики получены двухфакторные зависимости, характеризующие изменение урожайности, величины оросительных норм и фазы развития растений.

В зависимости урожайности кормовой свеклы от оросительных норм, дифференцированных по обеспеченности дефицита естественного увлажнения, описываются уравнения парабол.

Для «средневлажного» года:

$$Y_1 = -28 M^2 + 67,73 M + 15,1.$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,985$ .

Для «среднего» года:

$$Y_2 = -37,6 M^2 + 94,95 M - 5,46.$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,995$ .

Для «среднесухого» года:

$$Y_3 = -32,7 M^2 + 88,4 M - 5,46.$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,996$ .

Диапазон применимости регрессионных уравнений находился в пределах 0,6 НВ-НВ, т.е. в интервале, где располагались эмпирические значения независимой переменной.

Универсального метода расчета суммарного испарения, одинаково пригодного для различных почвенно-климатических условий, не существует. Вследствие чего необходимо уточнение биологических коэффициентов суммарного испарения, получение закономерностей изменчивости параметров уравнений в связи с изменчивостью агрометеорологической обстановки и влагообеспеченности посевов с биологическими особенностями конкретных культур и фаз развития.

Эффективное использование водно-энергетических ресурсов обеспечивается применением рациональных режимов орошения, максимально-адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям агроландшафта.

## **ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕРРИТОРИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЕВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ**

И.Н. Ильинская, А.М. Каратабан

ФГНУ «РосНИИПМ»

Республика Адыгея находится на юге Краснодарского края в условиях полузасушливой зоны. В республике имеется 25,0 тыс. га орошаемых сельскохозяйственных угодий, в том числе 23,5 тыс. га пашни, 1,7 тыс. га пастбищ и 0,1 тыс. га многолетних насаждений.

В структуре посевных площадей наибольшую долю занимают зерновые и зернобобовые культуры (60,3 %), представленные в основном озимой пшеницей (53,7 %) и озимым ячменем (39,5 %). Техническим культурам отведено 33,9 %, где основную долю посевных площадей занимает подсолнечник (30 %). Под кормовыми культурами занято всего 5,9 % площадей, включая кукурузу на силос (1,7 %), однолетние травы (1,0 %), многолетние травы (3,2 %).

При планировании и размещении сельскохозяйственного производства необходим тщательный учет условий произрастания основных сельскохозяйственных культур на основе природных показателей, а также количественные показатели реакции этих культур на изменение гидрометеорологических условий, что дает основу для принятия решений на базе достоверных сведений.

Территория Республики Адыгея обеспечена теплом в достаточной степени. Сумма температур за вегетационный период достигает 3600-4200 °С, продолжительность солнечного сияния составляет 1630-1700 часов. В республике за период активной вегетации культурных растений выпадает до 500 мм атмосферных осадков при испаряемости 790 мм [1].

Однако метеорологические показатели в течение десятилетнего периода (1998-2007 гг.) отличались от среднемноголетних. Так, колебания средней температуры воздуха за сезон ( $T$ , °С) составляли 17,2-19,3 °С при среднемноголетней величине 18,2 °С. Сумма осадков ( $\Sigma X$ ), составив в среднем 488 мм, варьировала от 343 мм в 1998 году до 586 мм в 2002 году. Относительная влажность воздуха ( $R$ ) при среднем значении 66,5 % изменялась в пределах 47,4-73,0 %. Почвен-

ные влагозапасы на начало вегетационного периода ( $W_n$ ) находились в пределах 46,3-73,9 мм (табл. 1).

Таблица 1

**Гидрометеорологические показатели территории Адыгеи  
за вегетационный период 1998-2007 гг.**

Год	Показатель					
	$T, ^\circ\text{C}$	$\Sigma X, \text{мм}$	$R, \%$	$W_n, \text{мм}$	$E_0, \text{мм}$	$K_y$
1998	19,3	343	64,0	51,0	902,2	0,43
1999	18,0	527	68,7	58,4	758,9	0,77
2000	18,0	443	68,7	69,5	745,8	0,69
2001	18,1	460	68,3	61,3	802,4	0,65
2002	17,9	586	70,9	73,9	692,8	0,95
2003	17,7	496	67,6	51,0	765,5	0,71
2004	17,2	558	73,0	72,6	608,3	1,03
2005	18,3	464	68,4	62,7	886,7	0,59
2006	18,6	446	47,4	57,3	1342,6	0,37
2007	19,3	555	68,4	46,3	801,8	0,75
Среднее за 10 лет	18,2	488	66,5	60,4	787,7	0,69

В зависимости от исходных метеорологических показателей изменялась и расчетная величина испаряемости ( $E_0$ ), равная сумме месячных значений за сезон, определенных по формуле Н.Н. Иванова [2]:

$$E_0 = 0,0018 (25 + T)^2 (100 - R), \quad (1)$$

где  $T$  – среднемесячная температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$R$  – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Так, если в 2004 году испаряемость составила 608 мм, то в 2006 году она возросла более чем вдвое, достигнув 1342,6 мм, что выше среднемноголетнего значения этой величины на 70,4 % и связано с резким падением относительной влажности воздуха при высоких температурах.

Коэффициент природной увлажненности для вегетационного периода ( $K_y$ ) установлен по следующей формуле [3]:

$$K_y = (\Sigma X + W_n) / E_0, \quad (2)$$

где  $\Sigma X$  – средняя многолетняя сумма осадков за биологически активный период года, т.е. за период с температурой более  $+5^\circ\text{C}$ , мм;

$W_n$  – активные влагозапасы в метровом слое на начало периода, мм.

Установленные значения коэффициента природной увлажненности позволяют дать характеристику условиям произрастания сель-

скохозяйственных культур. Так, наиболее благоприятные условия для роста и развития растений сложились в 2004 году при оптимальном соотношении тепла и влаги ( $K_y = 1,03$ ), в то время как в 1998 и 2006 гг. он составил всего 0,43-0,37, что свидетельствует о весьма низкой влагообеспеченности.

Реакция возделываемых в республике культур на сложившиеся природные условия отразилась на относительной величине их урожайности, представленной коэффициентом роста, в связи с биоклиматическим потенциалом агроценозов (БКП) на данной территории (табл. 2).

Таблица 2

**Относительная урожайность и биоклиматический потенциал продуктивности агроценозов в условиях Адыгеи**

Год	Культура			БКП
	зерновые и зернобобовые	технические культуры	овощные культуры	
1998	0,7	0,3	0,5	0,67
1999	0,7	0,5	0,4	0,87
2000	0,7	0,6	0,5	0,86
2001	0,8	0,5	0,5	1,0
2002	0,8	0,6	0,5	0,99
2003	0,5	0,5	0,8	0,61
2004	0,8	0,4	0,7	0,95
2005	0,9	0,8	0,8	1,14
2006	0,9	0,9	0,8	1,16
2007	1,0	1	1	1,33
Среднее за 10 лет	0,8	0,6	0,7	1,0

Оценка биоклиматического потенциала территории (БКП) строится на основе следующих научно обоснованных параметров: фактической и базисной суммы среднесуточных температур воздуха, а также фактической и максимальной урожайности сельскохозяйственных культур [4]:

$$БКП = K_p \cdot (\sum t_{ак} / \sum t_{ак(баз)}), \quad (3)$$

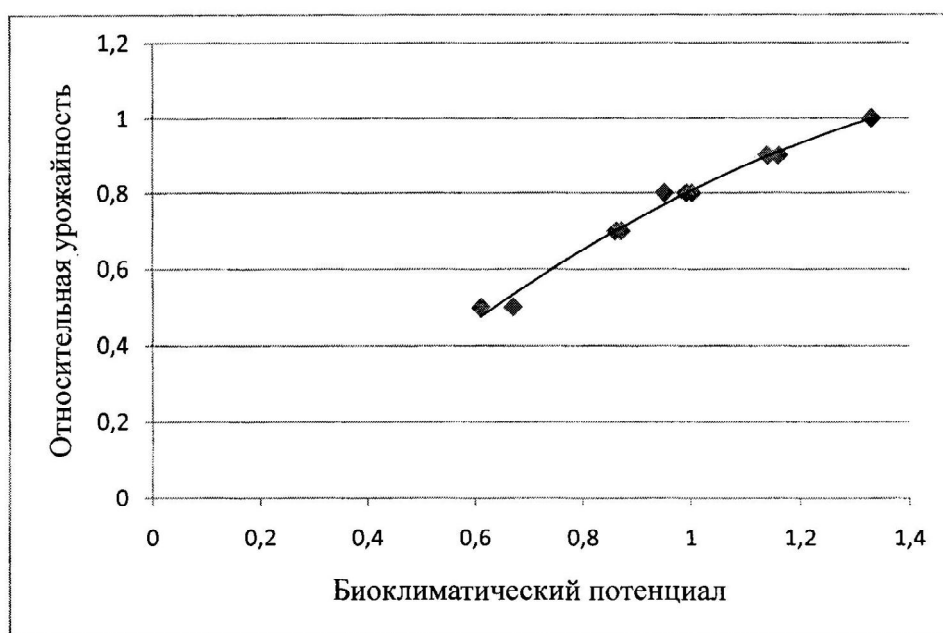
где  $K_p$  – относительная урожайность сельскохозяйственных культур;

$\sum t_{ак}$  – сумма среднесуточных температур воздуха за период активной вегетации, °С;

$\Sigma t_{ак (баз)}$  – базисная сумма среднесуточных температур воздуха за период активной вегетации, относительно которой проводится сравнительная оценка, °С.

В приведенной формуле  $K_p$  представляет собой отношение урожайности в естественных условиях к максимальной урожайности в условиях оптимальной влагообеспеченности. В качестве базисной взята сумма температур 3100 °С, характеризующая оптимальные условия произрастания в умеренном поясе, характерные для районов Краснодарского края.

Математическая обработка полученных значений относительной урожайности и рассчитанного биоклиматического потенциала позволила установить высокую корреляционную связь между ними, выразившуюся представленными параболическими зависимостями показателей относительной урожайности зерновых и зернобобовых, технических и овощных культур от биоклиматического потенциала, сложившегося на данной территории в течение десяти рассматриваемых лет за вегетационный период (рис. 1, 2, 3).



**Рис. 1. Зависимость относительной урожайности зерновых и зернобобовых культур от биоклиматического потенциала**



**Рис. 2. Зависимость относительной урожайности технических культур от биоклиматического потенциала**



**Рис. 3. Зависимость относительной урожайности овощных культур от биоклиматического потенциала**

Указанные зависимости с высокой достоверностью аппроксимации представлены уравнениями регрессии (табл. 3).

Таблица 3

**Зависимость относительной урожайности агроценозов от биоклиматического потенциала**

Вид агроценоза	Уравнение регрессии	Достоверность аппроксимации $R^2$
Зерновые и зерно-бобовые	$Y = -0,370x^2 + 1,446x - 0,269$	0,988
Технические	$Y = 1,362x^2 - 1,749x + 0,976$	0,812
Овощные	$Y = 2,537x^2 - 4,384x + 2,410$	0,734

Таким образом, результаты проведенного анализа свидетельствуют о значительном влиянии биоклиматического потенциала территории на урожайность возделываемых на ней культур, что проявляется в колебаниях продуктивности агроценозов по годам исследований.

Для получения высоких и устойчивых показателей урожайности сельскохозяйственных культур необходимо создать оптимальные условия произрастания путем их возможной корректировки в процессе вегетации.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Шашко, Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР / Д.И. Шашко. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 247 с.
2. Иванов, Н.Н. Об определении величин испаряемости / Н.Н. Иванов // Изв. ВГО. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – Т. 86. – № 2. – С. 189-196.
3. Щедрин, В.Н. Изменчивость природного увлажнения территории Северного Кавказа / В.Н. Щедрин, И.Н. Ильинская // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 23-24.
4. Шашко, Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал / Д.И. Шашко // Земледелие. – 1985. – № 4. – С. 19-25.



Научное издание

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Сборник статей по материалам  
круглого стола

Выпуск 40  
Часть I

Корректор Е.В. Кулыгина  
Компьютерная верстка Е.А. Бабичева

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 7,96. Тираж 300 экз. Заказ \_\_\_\_\_.

Издательство ООО «Геликон».  
Типография «Лаки Пак».  
г. Ростов-на-Дону, пр. Ворошиловский, 60.