

**ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И  
РАЦИОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Материалы юбилейной международной  
научно-практической конференции  
(Костяковские чтения)**

**том II**

Москва 2007

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

Государственное научное учреждение  
Всероссийский научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации имени А.Н.Костякова

**ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И  
РАЦИОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Материалы юбилейной международной  
научно-практической конференции  
(Костяковские чтения)**

**том II**

Посвящается 120-летию со дня рождения  
А.Н.Костякова

Москва 2007

УДК 631.6

**Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Том II.** Материалы юбилейной международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд.ВНИИА, 2007. - 418 стр.

В сборнике публикуются материалы юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения А.Н.Костякова. Рассмотрен широкий спектр вопросов, включающих необходимость развития мелиорации для создания кормовой базы животноводства и гарантированного производства зерна в засушливой зоне страны; технологии комплексной мелиорации земель, обоснование мелиоративных режимов, конструкций, моделей и методов расчетов мелиоративных систем; современные вводно-экологические, технические и экономические проблемы развития мелиорации.

Сборник содержит доклады в авторской редакции.

Редакционный совет: академик РАСХН, доктор технических наук Б.М.Кизяев (председатель), доктор технических наук Л.В.Кирейчева (зам.председателя), доктор технических наук С.Я.Безднина (зам.председателя), Г.В.Нешина (секретарь), кандидат технических наук М.А.Волынов, доктор технических наук К.В.Губер, доктор технических наук С.Д.Исаева, доктор технических наук З.М.Маммаев, кандидат технических наук А.О.Щербаков, доктор технических наук И.Ф.Юрченко

**IBSN**

© ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2007

© Издательство ВНИИА, 2007

**Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального  
природопользования.  
Том II**

Материалы юбилейной международной научно-практической  
конференции (Костяковские чтения).

**Компьютерный набор  
Компьютерная верстка**

**Е.Н. Гетьман**

---

## СОДЕРЖАНИЕ

стр.

### *ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ*

**Аванесян И.М., Спирина Е.Ю.**

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ ЗЕРНО-КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СВЯЗИ С ЦИКЛАМИ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ..... 3

**Алексеев В.А., Манусова Н.Б., Манусов Е.Б.**

О КОМПЛЕКСНОМ АНАЛИЗЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В АРЕАЛЕ С ПОДЗЕМНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ .... 7

**Белова И.В.**

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ УСТЬ-АБАКАНСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ ..... 10

**Белова И.В., Евсенкин К.Н., Перегудов С.В.**

ПРИРОДООХРАННАЯ РОЛЬ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВАХ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ ..... 17

**Брыль С.В.**

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПРИ ПОЛИВЕ МОРКОВИ ДМ «КУБАНЬ-ЛК 1» НА ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 22

**Булгаков В.И., Оленин Н.Б., Волокитина Н.А., Галузинская С.В.**

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЕ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ОРОШАЕМЫХ КУЛЬТУР ЗА СЧЕТ УДОБРЕНИЙ .... 28

**Капустина Т.А., Аванесян И.М., Бочкарева А.И.**

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ МЕЛИОРИРУЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ..... 35

**Каштанов В.В.**

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА ШЛАНГОВОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ САДОВО-ОГОРОДНЫХ И ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКОВ ..... 41

**Конторович И.И.**

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ПРИ ОПРЕСНЕНИИ ..... 50

**Коршунова Е.Г., Томин Ю.А., Лисютин В.А.**

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ..... 55

**Курбанов С.Л.**

ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ РИСА В ДАГЕСТАНЕ ..... 58

<b>Павлов В.Ю.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРБОЛАНДШАФТА ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕКОТОРЫХ ПРИЕМОВ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВОГРУНТОВ .....	64
<b>Сазанов М.А.</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАЛООБЪЕМНОГО ОРОШЕНИЯ НА ПЛОДО- РОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОГО ПРИКАСПИЯ...	69
<b>Сазанов М.А., Арнаев Н.Д.</b> ТЕХНОЛОГИИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЛУ- ПУСТЫННОЙ ЗОНЫ КАЛМЫКИИ .....	74
<b>Яшин В.М.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЗОНЫ АЭРАЦИИ .....	78

### ***ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ***

<b>Абдуразакова Н.М., Сангирова У.Р.</b> РЫНОЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН .....	84
<b>Безднина С.Я.</b> ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ЭКОСИСТЕМНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ .....	87
<b>Безднина С.Я., Овчинникова Е.В.</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬ- ЗОВАНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ .....	93
<b>Головин В.Л., Богданова Е.В.</b> ПРОБЛЕМЫ МИНИМИЗАЦИИ УЩЕРБА ЭКОСИСТЕМЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД .....	98
<b>Дубровская Л.И., Инишева Л.И., Инишев Н.Г.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ВЕРХОВОГО БОЛОТА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ) .....	104
<b>Инишева Л.И.</b> ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ .....	110
<b>Исаева С.Д., Рыбина Н.Н.</b> ПРОБЛЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК В СОВРЕМЕННЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ .....	115
<b>Киселева О.Е., Хелмс М.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА МАЛОЙ РЕКИ ПРИ НАЛИЧИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СТОКОМ .....	120
<b>Ковриго С.И., Сазанов М.А.</b> ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ .....	125

<b>Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н., Корженевский Б.И.</b> ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МЫШЬЯК В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА .....	131
<b>Курбатов Н.П.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕ- УВЛАЖНЕНИЯ И ЗАБОЛАЧИВАНИЯ .....	137
<b>Лепнова Е.С.</b> ДОСТОВЕРНОСТЬ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗОНЫ ОРОШЕНИЯ .....	141
<b>Лялин Ю.С.</b> НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРО- ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ УТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ .....	146
<b>Мажайский Ю.А., Гусева Т.М., Дорохина О.Е., Андриянец С.В.</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА РЕКИ ОКИ .....	152
<b>Макарычева Е.А.</b> О ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ВОДЫ ИЗ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КА- НАЛОВ .....	159
<b>Парфенова Н.И.</b> БАСЕЙНОВЫЙ ПОДХОД ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБОСНОВА- НИИ ОРОШЕНИЯ И ОСУШЕНИЯ .....	164
<b>Пыленок П.И., Сидоров И.В., Ситников А.В., Кузьмичева С.Е.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОМ- ПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ .....	169
<b>Саидова М.Х.</b> ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ КАРАКАЛПАКСТАНЕ	174
<b>Толкачев Г.Ю.</b> ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ "ВОДА - ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ" ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА .....	177
<b>Шадских В.А., Кижяева В.Е.</b> ПОЧВОЗАЩИТНАЯ ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ОРОШАЕМЫХ ТЕМ- НО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ .....	181

***НАДЕЖНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ  
И МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА***

<b>Айдамиров Д.С., Алиханов Х.А.</b> ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗАВАРИЙНОГО ПРОПУСКА ПАВОДКО- ВЫХ ВОД РЕКИ АКСАЙ ЧЕРЕЗ АКСАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ...	186
<b>Бакиев М.Р., Кириллова Е.И., Мирзабеков Б.С.</b> ФАКТОРЫ, СНИЖАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ .....	191

<b>Басс В.Н., Пунинский В.С.</b> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИНАХ ДЛЯ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ .....	195
<b>Бедретдинов Г.Х.</b> ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДРЕНОУКЛАДЧИКОВ С ОБРАТНЫМ ВРАЩЕНИЕМ ЦЕПИ .....	200
<b>Белобородов В.Н., Ли А.Н.</b> РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ БЕСТРАНШЕЙНЫМ МЕТОДОМ .....	206
<b>Браинин А.Л., Бубер А.Л., Енакиева В.Р., Попова Н.М., Шукурова Л.А.</b> АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА .....	212
<b>Волосухин Я.В.</b> О ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕКИ ПОДКУМОК .....	217
<b>Волосухин Я.В.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В БАССЕЙНЕ Р. ПОДКУМОК .....	222
<b>Волынов М.А.</b> АНАЛИЗ ПОПЕРЕЧНОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ТЕЧЕНИЯ В ИЗЛУЧИНЕ МЕАНДРИРУЮЩЕГО РУСЛА .....	225
<b>Волынов М.А., Волосухин В.А.</b> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛА «ЕВРАЗИЯ» .....	230
<b>Волынов М.А., Волосухин В.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГТС В БАССЕЙНЕ Р. КУБАНЬ .....	234
<b>Гавриков С.А., Головин В.Л.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ЗЕМЕЛЬ ОТ НАВОДНЕНИЙ В ДОЛИНАХ РЕК С ДОЖДЕВЫМ ПАВОДОЧНЫМ РЕЖИМОМ .....	244
<b>Голубев Н.К.</b> НОВЫЙ СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ НАМЫВНОГО УЗКОПРОФИЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ .....	249
<b>Гольцов Ю.Я., Пунинский В.С., Яшин В.М.</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НАЛИЧИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ ТЕХНИКИ .....	252
<b>Гугушвили И.А., Гусев А.Е., Евстигнеев Н.М., Леонтьев Д.А.</b> НОВЫЙ СПЕКТРАЛЬНО – ОБЪЕМНЫЙ МЕТОД ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МЕЛКОЙ ВОДЫ .....	258
<b>Гугушвили И.А., Евстигнеев Н.М.,</b> ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ TVD-СХЕМЫ, ПРИ РАСЧЕТЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ...	266
<b>Доронкина О.А.</b> СОСТАВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЛИКВИДАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ .....	271



<b>Евстигнеев Н.М., Леонтьев Д.А.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ ВОДОЕМА – ОХЛАДИТЕЛЯ КуАЭС .....	276
<b>Жирма В.В., Тхагапсо Ф.А.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ЗАКУБАНСКОГО МАССИВА .....	283
<b>Кушер А.М.</b> ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДОЛО- ГИИ РАСЧЕТА ТРЕХМЕРНОГО ПРОФИЛЯ СКОРОСТЕЙ РУСЛОВОГО ПОТОКА .....	288
<b>Левчиков А.А.</b> НОВОЕ В МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ .....	294
<b>Маммаев З.М., Малышев А.А.</b> ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ДРЕВЕСНО- КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ И ВОС- СТАНОВЛЕНИИ ЗЕМЕЛЬ .....	299
<b>Нагорный В.А., Фомин Г.И., Чуносков Д.В., Ковалева Т.Я.</b> ДЕКЛАРИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АККУМУЛИРУЮЩИХ ВО- ДОХРАНИЛИЩ – ОСНОВА ИХ БЕЗАВАРИЙНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	307
<b>Першина О.Ф.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМ- ЛЯХ .....	310
<b>Пунинский В.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СКРЫТЫХ КАМНЕЙ ИЗ ПОЧВЫ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН .....	319
<b>Пунинский В.С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ЭХОЛОКАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ СКРЫТЫХ КАМНЕЙ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ .....	322
<b>Сидорова С.А.</b> ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАБОТЫ ПРОПУСК- НЫХ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ГМС ...	327
<b>Трошина М.В., Бубер А.Л.</b> ОБРАТНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ КАК ИСТОЧНИК НЕДОСТАЮЩЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОР- МАЦИИ .....	332
<b>Филиппов Е.Г., Бракени А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОСЛИВОВ С ПОРОГОМ ТРЕУГОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ РУСЛАХ И КАНАЛАХ .....	338

<b>Щербаков А.О., Головинов Е.Э.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА ВОДОХРАНИЛИЩ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	343
--	-----

### ***ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИИ***

<b>Абдуллаев З.С., Хошимов У.А.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В УЗБЕКИСТАНЕ .....	350
---	-----

<b>Ахмедов А.Д., Королев А.А.</b> ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ .....	352
--	-----

<b>Быстрицкая Н.С.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ .....	357
---	-----

<b>Быц И.Д.</b> ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СООТВЕТСТВИИ С НОВОЙ РЕДАКЦИЕЙ ВОДНОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	361
---	-----

<b>Давыдов А.В.</b> ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕССИЙ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ .....	364
--	-----

<b>Исаев О.И.</b> РАЗВИТИЕ ПРАВОВЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ПЛАТНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ .....	368
---	-----

<b>Колганов А.В., Антипова Т.Н., Коновалова В.А.</b> КОНЦЕПЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ .....	373
---	-----

<b>Носовский В.С.</b> ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМ ФОНДОМ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА .....	380
--	-----

<b>Ольгаренко Д.Г.</b> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН .....	384
---	-----

<b>Рубин Г.В.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ .....	395
--	-----

<b>Скляр В.А.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ОРОШЕНИИ .....	399
---	-----

<b>Хафизов Д.Ф., Хисматуллин М.М., Роевко К.В.</b>	
ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И ПРЕДПРИНИ- МАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЕ НА ОСНОВЕ ФИНАНСОВОГО ОЗДОРОВЛЕНИЯ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВО- ДИТЕЛЕЙ .....	402
<b>Юрченко И.Ф.</b>	
КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ МЕ- ЛИОРАТИВНЫХ ПРОЕКТОВ .....	406

## **ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 631.675

### **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ ЗЕРНО-КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СВЯЗИ С ЦИКЛАМИ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**И.М. Аванесян, Е.Ю. Спирина**

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Одним из основных ландшафтообразующих факторов является климат, показатели которого характеризуются явно выраженной цикличностью в процессе их периодического изменения. Как показывает практика, устойчивость производства в сельском хозяйстве достигается на основе синхронизации производственных циклов земледелия не только с биологическими, но и с климатическими природными циклами.

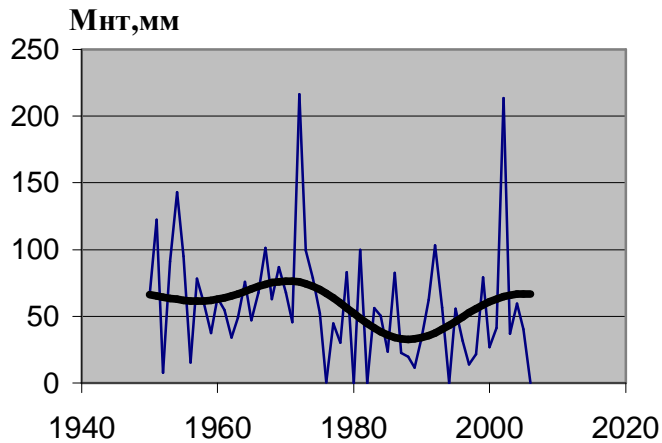
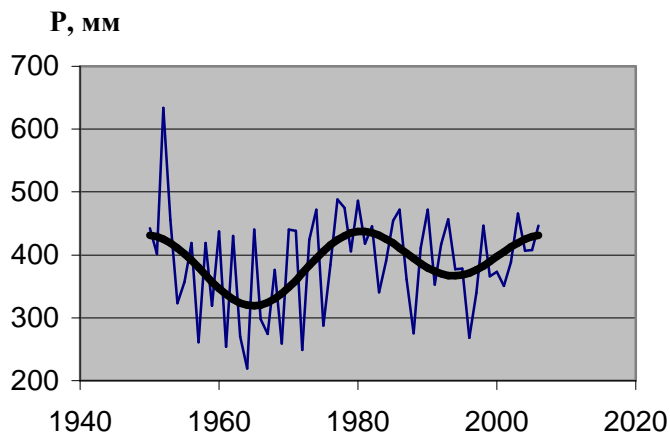
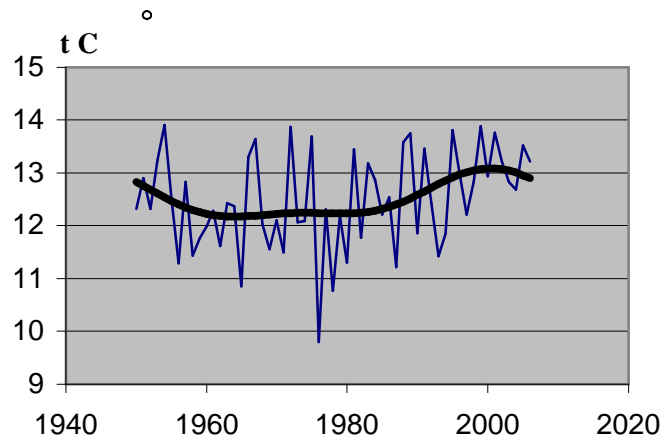
На основе математического анализа изменчивости температур воздуха и атмосферных осадков за период с  $t^\circ$  воздуха  $> 5^\circ\text{C}$ , относящихся к факторам, лимитирующим земледелие, включая мелиорации, в том числе орошение, исследованы и выявлены тенденции и степень изменения этих показателей по данным наблюдений за 1945-2003 гг. на метеостанциях лесной зоны Нечерноземья (на примере Коломны), лесостепной и степной зон ЦЧР (на примере Воронежа и Калача соответственно). Получены следующие результаты. В лесной зоне Нечерноземья (рис. 1) температура воздуха в среднем за апрель-октябрь составила  $12,5^\circ\text{C}$  с колебаниями в многолетнем ряду от  $9,8^\circ\text{C}$  до  $13,9^\circ\text{C}$ ; средняя многолетняя сумма осадков – 390 мм с колебаниями от 220 мм до 630 мм. В лесостепной зоне ЦЧР (рис. 2) средняя температура воздуха за период с апреля по октябрь составила  $14,1^\circ\text{C}$  с колебаниями от  $11,6^\circ\text{C}$  до  $16,6^\circ\text{C}$ ; сумма осадков в среднем равнялась 360 мм с колебаниями от 200 мм до 600 мм. В степной зоне ЦЧР (рис. 2) за тёплый период года средняя температура воздуха составила  $14,7^\circ\text{C}$  с колебаниями от  $12,3^\circ\text{C}$  до  $17^\circ\text{C}$ ; сумма осадков в среднем равнялась 280 мм с колебаниями от 100 мм до 460 мм.

Получены периодические кривые динамики климатических показателей (ряды Фурье), представленные на рисунках 1 и 2, которые можно описать уравнениями следующего вида:

$$f(x)=a_0/2+a_1\cos(\pi x/l)+b_1\sin(\pi x/l)+a_2\cos(2\pi x/l)+b_2\sin(2\pi x/l).$$

Здесь  $a_0/2$  – среднее значение температуры или осадков за период;  $l$  равняется половине рассматриваемого периода  $|b-a|$ ;  $x$  (из-за переноса начала координат) = текущий год -  $|b-a|/2$  – начальный год. Коэффициенты  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  вычислены по формулам, которые можно найти в соответствующей литературе [3], в них интегралы заменены на конечные суммы, рассчитываемые на отрезке  $[a, b]$ .

Коломна



— Фактические данные по температуре воздуха, осадкам и оросительной норме люцерны  
— Ряд Фурье  
 $f(x)=a_0/2+a_1\cos(\pi x/l)+b_1\sin(\pi x/l)+a_2\cos(2\pi x/l)+b_2\sin(2\pi x/l)$

Рисунок 1 - Динамика изменчивости температуры воздуха (t C), суммы осадков (P, мм) и оросительной нормы люцерны (Mнт, мм) по метеостанции Коломна

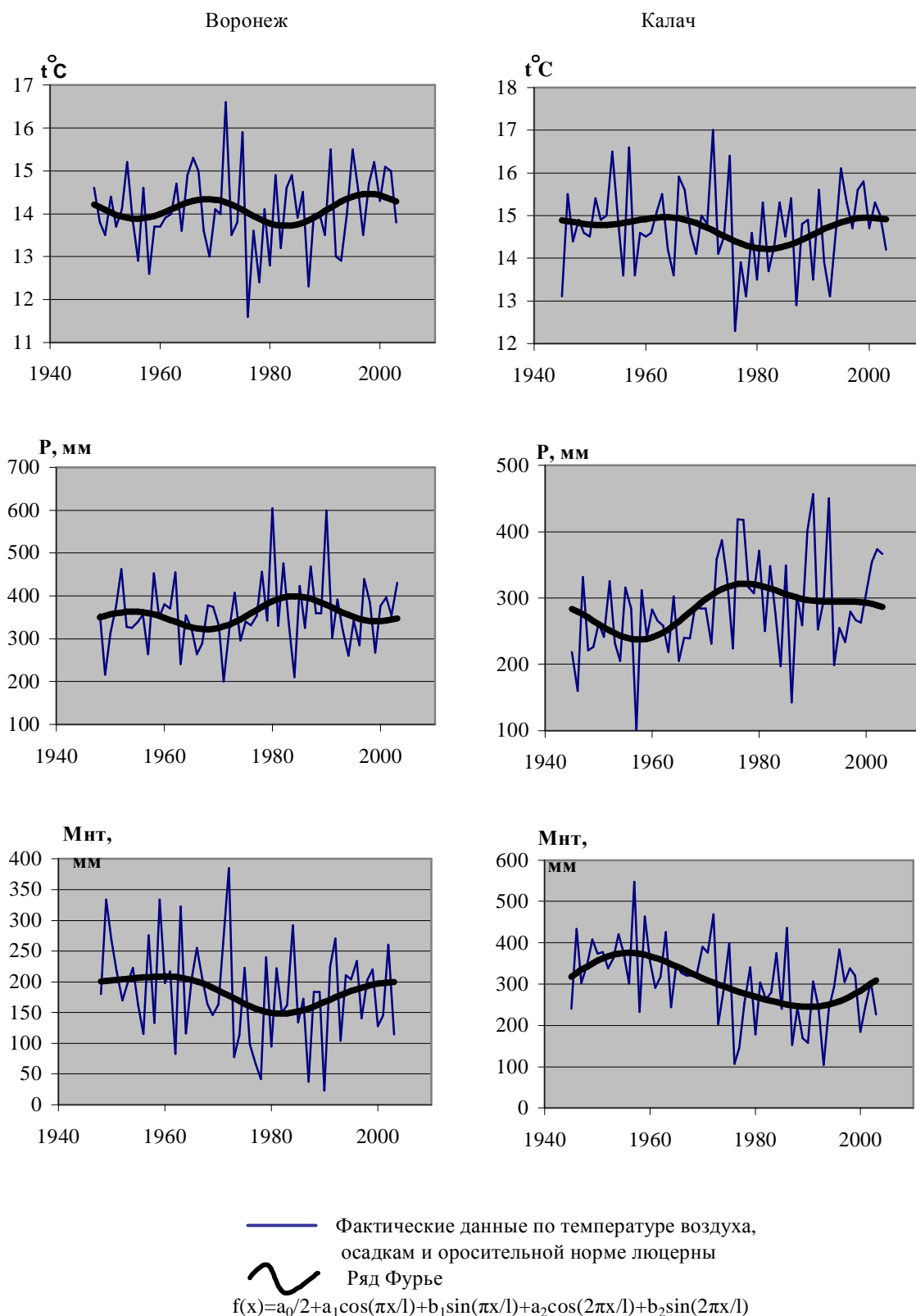


Рисунок 2 - Динамика изменчивости температуры воздуха ( $t^{\circ}\text{C}$ ), суммы осадков ( $P, \text{мм}$ ) и оросительной нормы люцерны ( $\text{Mнт}, \text{мм}$ ) по метеостанциям Воронеж и Калач

На графиках (рис. 1 и 2) выделяются циклы потепления и похолодания в многолетнем ряду изменения температур воздуха, а также циклы увлажнения,

сменяющиеся снижением сумм осадков. В лесной зоне Нечерноземья в 50-е годы до 1965 г. отмечается похолодание, сменившееся потеплением до конца 70-х годов. Затем с конца 70-х и в начале 80-х лет наблюдался короткий период похолодания, после чего в 80-е годы началось потепление, особенно интенсивное в 90-е годы (1988-1999 гг.), продолжающееся и после 2000 года. Изменение увлажнения на территории этой зоны характеризовалось снижением осадков к 1960 г., затем столь же явственным подъёмом их сумм к 1980 г., снижением к 1990 г. и подъёмом к 2006 г.

Лесостепная зона ЦЧР характеризуется явно выраженными похолоданиями к 1960 и 1980 гг. и потеплениями в 1970 и 2000 гг. Осадки в этой зоне изменялись в противофазе с колебаниями температуры: наблюдалось снижение их сумм к 1970 и 2000 гг. и увеличение в 1960 и 1980 гг. В степной зоне ЦЧО циклы периодической кривой изменения температур воздуха выражены слабо и характеризуются неизменностью до 1965 г., затем наблюдался спад температур к 1980 г., подъём к 1990 г. и спад к 2003 г. Цикличность кривой увлажнения в рассматриваемой зоне выражена более отчётливо и характеризуется уменьшением к 1960 г., подъёмом к 1980 г., вновь уменьшением к 1990 г. и небольшим увеличением к 2003 г. Общая тенденция изменения изучаемых показателей отражает только часть глобального цикла климатических изменений, прежде всего из-за недостаточности динамического ряда.

Исследована также изменчивость одного из главных параметров орошения – оросительной нормы [1, 2]. Например, по мст. Коломна при средней многолетней оросительной норме люцерны 60 мм она изменяется от 0 мм во влажный до 220 мм в острозасушливый год. По мст. Воронеж со средней многолетней оросительной нормой люцерны 180 мм в острозасушливые годы норма увеличивается до 380 мм, а во влажные годы уменьшается до 20 мм. По мст. Калач при средней многолетней оросительной норме люцерны 310 мм ее значения изменяются от 100 до 550 мм. Как можно заметить по графикам рис. 1 и 2, при увеличении температуры и уменьшении количества выпадающих осадков оросительная норма увеличивается, при уменьшении температуры и увеличении количества осадков – уменьшается.

Сельское хозяйство в большей степени, чем какая-либо другая отрасль экономики, зависит от внешних факторов, прежде всего – природно-климатических условий. Воздействие природных циклов изменчивости климатических показателей обуславливает неравномерность развития сельскохозяйственного производства. Устойчивое развитие агроландшафта, экологически сбалансированное, возможно на основе дифференциации производственных циклов земледелия и мелиоративных воздействий в соответствии с биоклиматическими природными циклами.

## Литература

1. Проведение исследований по оценке параметров орошения для обеспечения экологической безопасности и повышения плодородия почв при поливе. Коломна. ВНИИ «Радуга». Отчет, 2004 г.
2. Расчёт параметров режимов орошения сельскохозяйственных культур. Компьютерная программа «РОСК.xls». Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ за № 2004610996. ВНИИ «Радуга». 2004.
3. Письменный Д. Конспект лекций по высшей математике. Полный курс. 2-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2004.

УДК 631.6

## О КОМПЛЕКСНОМ АНАЛИЗЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В АРЕАЛЕ С ПОДЗЕМНЫМ РАЗМЕЩЕНИЕМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

**В.А. Алексеенко**

НИИ Геохимии Биосферы (НИИГБ), Новороссийск, Россия;

**Н.Б. Манусова, Е.Б. Манусов**

НИИ Центр Экологических Систем и Технологий (ЭКОСТ), Иерусалим, Израиль

Влияние подземных источников пресной воды на организацию систем инженерной экологии рассматривались авторами в докладах на международных конгрессах ЭКВАТЭК-2006 [2], ВЭЙСТЭК-2003 [1] и на международной конференции "Наукоемкие технологии в мелиорации [3].

Существенно меньшее внимание уделялось проблемам взаимосвязи размещения подземных водных ресурсов с обще-экологическими и социальными условиями ареалов, а также с их геоэкологическими особенностями (см. доклады на 7-й международной конференции Междисциплинарной Экологической ассоциации IEA-2001) [4,5].

Значительно сложнее оказалась проблема взаимосвязи подземного расположения источников пресной воды с состоянием природной среды, с учетом антропогенного воздействия, а также влияния абиотических и биотических лимитирующих факторов. Таковую проблему легче решить, если в ареале можно выделить два-три лимитирующих фактора, которые образуют устойчивый историко-эволюционный инвариант, позволяющий прогнозировать и интерполировать условия воздействия лимитирующих факторов. Кроме того, надо выбрать достоверные методы оценки состояния природной среды исходя из предполагаемой стадии развития экосистемы.

Для сравнительной оценки влияния подземного размещения источников воды при выборе объекта предлагается использовать субтропический пояс географической зональности, а в нем – ареал с достаточно высокой энергетической субсидией  $I_R \approx 2.5$  (рис. 1). Этот ареал представляет собой субтропические полупустыни, характеризующиеся высокой температурой воздуха, более чем доста-



точным количеством света, ограниченным количеством воды и, как следствие, отсутствием лесных зон, т.е. видовым ограничением и преобладанием в фитоценозе гелиофитов, т.е. невысокого растительного покрова.

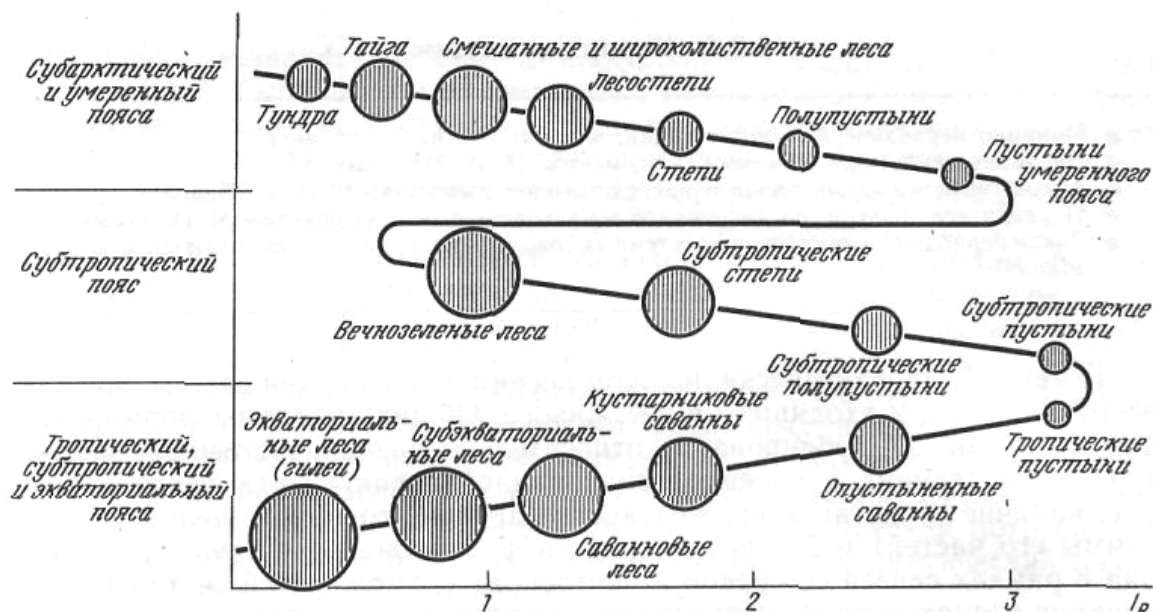


Рисунок 1 – Периодический закон географической зональности:

$I_R$  – радиационный индекс сухости (отношение радиационного баланса к количеству тепла, необходимому для испарения годовой суммы осадков). Диаметры кружков пропорциональны биологической продуктивности ландшафтов [6]

Так было бы, если бы не было подземных источников воды типа аквиферов. Сочетание в ареале последних с высокой температурой включает в действие капиллярный потенциал ландшафта и в частности почвы [7]. Образуется специфическая саморегулирующаяся система. Увеличение температуры увеличивает капиллярный потенциал ландшафта [7] и, следовательно, увеличивается количество испаряемой жидкости и относительная влажность почвенного слоя воздуха  $f_p$ . При этом остается практически постоянным отношение относительной влажности  $f_0$  и температуры  $t$ , т.е. можно полагать, что  $f/t \approx \text{const}$ . Но именно это соотношение является важнейшим фактором развития фитоценозов и суммарного количества растительной массы на единицу площади ландшафта [8-9].

Наличие в экосистеме выше приведенного инварианта позволяет достичь состояния субклимакса, асимптотически приближающегося, но не достигающего состояния климакса из-за того, что одновременно с  $f/t \approx \text{const}$  сохраняются условия  $t = \text{var}$  и  $f_0 = \text{var}$ , причем для относительной влажности справедливо записать

$$f_0(\tau) = \varphi(t(\tau), S_n(\tau), S_d(\tau))$$

где  $S_n(\tau)$  – текущее состояние почвы;  
 $S_n(\tau)$  – текущее состояние ландшафта.

В отличие от обычных сукцессий в таких ареалах можно говорить не о климаксных состояниях экосистемы, а только о субклимаксных, причем не просто адафических, но так сказать ландшафтно зависимых субклимаксах, т.к. невозможно выделить высшую точку развития экосистемы. Эдафические климаксы и субклимаксы описаны в литературе, и для ландшафтно зависимых экосистем это вероятно одно из первых, если не первое описание.

Надо указать на другие ранее известные аспекты сукцессий: подбор зооценозов домашних животных, которые не влияют дополнительно на  $S_n$ , фитоценозов с достаточным для такой климатической зоны коэффициентом транспирации (например, порядка 4).

Многофункциональность подземных водоносных слоев, а также определенная дефектность опресненной морской воды [10] многократно увеличивает значение подземных источников воды и делает необходимой их защиту от загрязнения [1]. Наилучшим способом защиты аквиферов от загрязнения является защита грунтовых вод от скоплений твердых отходов техногенными сорбционными барьерами с применением искусственного сорбента (разработка ВНИИ-ГиМ) и использование системы управления режимами комплексных мелиораций [11].

При этих условиях возникает субклимаксное состояние природной среды, которое обеспечивает многократное увеличение фитомассы (почти в 20 раз) путем создания лесных зон и рощ полезных деревьев.

### Литература

1. Manusov N., Kireycheva L. et al. The 3<sup>rd</sup> International Congress of Waste Management, WASTETECH-2003, Transaction of the Congress, Abstracts ECOST, Moscow 2003, pp.585-586.
2. Манусова Н.Б., Кирейчева Л.В. и др. 7-й Международный конгресс ЭКВАЕУЛ-2006, Сборник докладов, Москва 2006, pp. 608-610.
3. Манусов Е.Б., Манусова Н.Б. и др. Материалы Международной конференции "Наукоемкие технологии в мелиорации", Москва 2005, pp. 321-324.
4. Manusov N. et al. The 7<sup>th</sup> International Conference on the Environment. Program and Abstracts, San-Francisco 2001.
5. Manusov E. et al. Ibid.
6. Реймерс Н.Ф. "Экология", М. 1994.
7. Муромцев Н.А. "Мелиоративная геофизика почв", Л. 1991.
8. Алексеенко В.А.. "Геохимические барьеры", М. 2003.
9. Чистик О.В. "Экология", Минск 2000.
10. Винштейн В.Е. Изотопы водорода и кислорода природных вод СССР. Л., "Недра", 1982.
11. Кирейчева Л.В. и др. Материалы Международной конференции "Наукоемкие технологии в мелиорации", М. 2005, pp. 371-375.

УДК 631.6; 631.873: 631.445.2

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ УСТЬ-АБАКАНСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ**

**И.В. Белова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Республика Хакасия расположена на юго-востоке Сибири и занимает части Минусинской и Чулымо-Енисейской котловин на площади 61,9 тыс. км<sup>2</sup>. Население республики на 01.01.2005 г. составило 541,0 тыс. чел., причем 71 % проживает в городах, а остальные - 158 тыс. человек - в сельской местности. Центром Хакасии является г. Абакан с численностью населения 164,67 тыс. чел., т.е. более 30 % населения Хакасии.

Агропромышленный комплекс республики является одним из наиболее крупных секторов ее экономики, производящий около 70 % потребляемых населением товаров. Сельскохозяйственные угодья занимают 2,5 % территории Хакасии (1549,7 тыс. га), большая их часть отведена под пашню и кормовые угодья (596,3 и 907,2 тыс. га соответственно). В настоящее время только 86 % населения Хакасии обеспечены мясом и мясными продуктами и 59 % - молоком и молокопродуктами. В связи с недостатком этих продуктов для населения возникает необходимость развивать сельское хозяйство в направлении животноводства, при этом растениеводческая отрасль должна обеспечить необходимый объем продукции для создания гарантированной кормовой базы.

Устойчивое развитие сельскохозяйственного производства Республики Хакасия невозможно без проведения мелиорации, обусловленной климатическими условиями территории. Сумма активных температур выше 10<sup>0</sup>С за летние месяцы в сухостепной каштановой подзоне составляет 2000<sup>0</sup>С и более при высокой среднемесячной температуре июля (19,7<sup>0</sup>). Однако тепловые ресурсы используются не всегда эффективно из-за небольшого количества годовых осадков, которое на этой территории колеблется от 245 до 300 мм. Поэтому основным мелиоративным мероприятием здесь является орошение.

Вблизи города Абакан, в Центральном районе Республики Хакасия располагается Усть-Абаканская оросительная система площадью 13,3 тыс. га. Большую часть ее территории (11157 га) занимают сельскохозяйственные предприятия, специализирующиеся в основном на производстве мясной и молочной продукции. Растениеводческая отрасль направлена на обеспечение животноводства кормами и выращивание зерновых культур.

Для территории Усть-Абаканской оросительной системы характерна каштановая почва, занимающая 53 % площади системы (табл. 1). Под влиянием хозяйственной деятельности и природно-климатических условий в почве посто-

янно происходят изменения содержания гумуса, подвижных форм элементов питания.

Таблица 1 – Характеристика основных почв Усть-Абаканской оросительной системы (по данным «СИБНИиПИ землеустройства и мелиорации»)

Наименование почвы	N, мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	рН	Гумус, %
		мг/100г			
Каштановая	7,3	3,0	25	7,6	2,94
Темно – каштановая	7,2	4,0	20	7,6	2,5

Регулярные агрохимические обследования, проводимые Хакасской станцией агрохимической службы, свидетельствуют о том, что за последние 7 лет средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах Усть-Абаканского района понизилось с 3,3% до 3,14%, то есть потери гумуса составили 4 т/га. Средневзвешенное содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в последнем цикле обследования составило 1,94 мг/100 г почвы (низкая обеспеченность). Данные по циклам обследования свидетельствуют о снижении содержания подвижного фосфора в пашне: в 1987 г. – 2,4 мг/100 г, в 1995 г. – 2,36 мг/100 г, в 2002 г. – 1,94 мг/100 г. Аналогичная ситуация наблюдается с обеспеченностью почвы обменным калием. Содержание калия в почве повышенное (в среднем 33,4 мг/100 г), но тенденция снижения его количества все же наблюдается.

В последнее десятилетие в связи с проводимыми экономическими реформами разработанные и действующие ранее проекты землеустройства совхозов с полевыми, кормовыми и лугово-пастбищными севооборотами постепенно утрачивают свое значение. Кроме того, снижается эффективность орошаемого гектара, что обусловлено неудовлетворительной работой оросительной системы и отсутствием необходимых агротехнических мероприятий. Так в настоящее время используется только 8443,4 га орошаемых угодий, т.е. немного более половины общей площади оросительной системы.

В 2006 году большая часть орошаемых угодий была занята многолетними травами и естественными сенокосами (1247 и 1483 га соответственно), 12 % отводилось под зерновые, 13 и 14 % соответственно – под картофель и овощи, и только 3 % занимали однолетние травы на зеленую массу (рис. 1).

Негативные последствия произошедших изменений интегрально проявляются в снижении урожайности всех возделываемых культур (рис.2). За последние пять лет средняя урожайность многолетних трав (на сено) и яровой пшеницы составила 0,46 и 1,15 т к.ед./га соответственно.

Анализ современного состояния сельскохозяйственного производства на территории Усть-Абаканской оросительной системы свидетельствует о низком

уровне системы земледелия, основной причиной чего является неудовлетворительная работа оросительной системы.

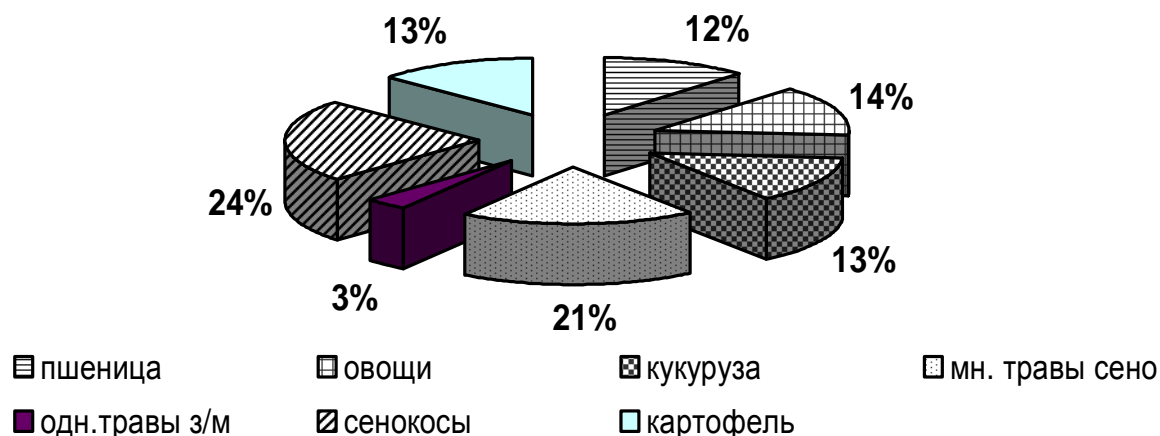


Рисунок 1 – Структура посевной площади орошаемых угодий в 2006 г.

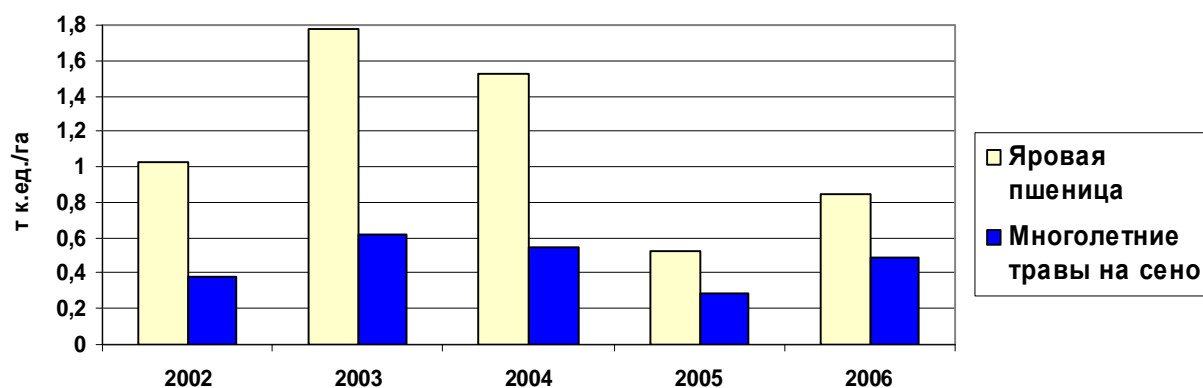


Рисунок 2 – Динамика урожайности основных с/х культур, возделываемых на территории Усть-Абаканской оросительной системы

Для обеспечения устойчивого функционирования сельхозпроизводства на территории Усть-Абаканского района институтом «СИБНИИПИ землеустройства и мелиорации» (Хакасия) был разработан проект реконструкции Усть-Абаканской оросительной системы. Большая часть площади Усть-Абаканской оросительной системы (44 %) запроектирована под выращивание кормовых культур, под зерновые отводится 35,5 %, из них 50 % товарного зерна, овощной севооборот займет 8,1 % реконструируемой территории, а семенной – 12,4 %.

Обоснование проектной урожайности сельскохозяйственных культур проводилось на основе «Методологии прогнозирования продукционного потенциала и формирования устойчивого мелиорированного агроландшафта», разработанной во ВНИИГиМе (Кирейчева Л.В., Белова И.В., Хохлова О.Б., 2006).

Потенциально возможная продуктивность возделываемых растений определялась в зависимости от климатических показателей (среднегодового количе-

ства осадков, суммы активных температур за вегетационный период, среднегодовой температуры) и почвенных характеристик (обеспеченности элементами минерального питания, содержания гумуса, гидролитической кислотности). Экологическим ограничением продуктивности сельхозкультур являлась величина энергии органического вещества урожая, т.е. биоэнергетический потенциал и коэффициент экологической устойчивости.

Рассчитанный по методике О.Б. Хохловой биоэнергетический потенциал фактической продуктивности сельскохозяйственных культур (нижняя кривая) и их возможной продуктивности (верхняя кривая) для рассматриваемых типов почвы представлен на рисунке 3.

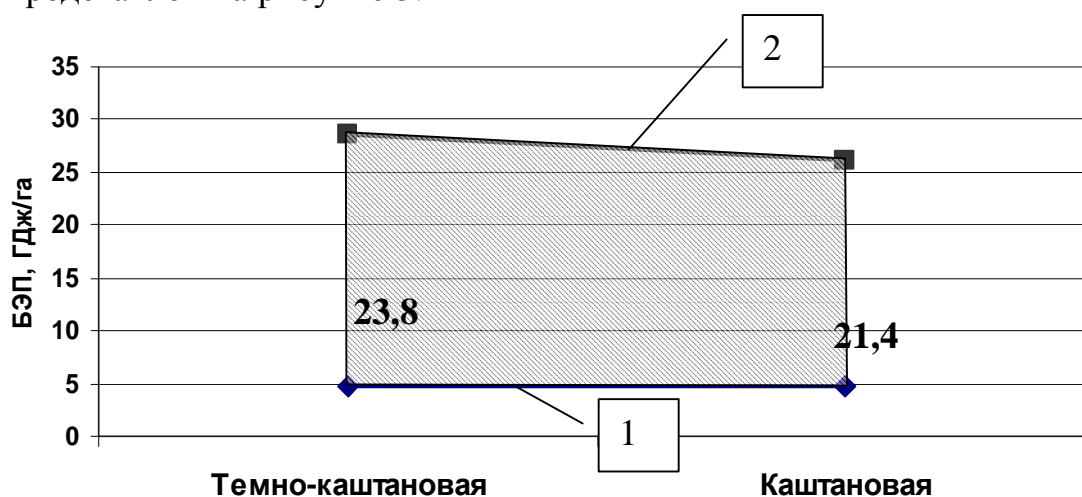


Рисунок 3 - Биоэнергетический потенциал продуктивности сельскохозяйственных культур для различных типов почвы до проведения мелиоративных мероприятий (1) и после (2)

Для указанных типов почв были оценены фактические значения коэффициента экологической устойчивости и потенциально возможные при проведении реконструкции оросительной системы (табл. 2).

Таблица 2 - Коэффициенты устойчивости для каждого типа почвы

Тип почвы	Коэффициент экологической устойчивости почв	
	фактический	потенциально возможный
Темно-каштановая	0,22	0,82
Каштановая	0,3	0,82

Почвы рассматриваемой территории, используемые в сельхозпроизводстве, имеют коэффициент устойчивости ниже критериального значения ( $K_y < 0,7$ ).

Величина продуктивности была обоснована с учетом возможной урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от потребления солнечной

энергии (Система орошаемого земледелия..., 1985), данных сортоучастков (Система ведения агропромышленного производства..., 2002) и величины продуктивности с учетом экологических ограничений (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность пшеницы яровой, ц/га

Возможная урожайность пшеницы при КПД ФАР:		Урожайность на сортоучастках	Продукционный потенциал (по модели Пегова и Хомякова)	Урожайность с учетом экологических ограничений
1,8 %	2,5 %			
39,0	56,0	33,7 - 50	56,0	41,0

Экологически обоснованная урожайность сельскохозяйственных культур ниже продукционного потенциала в среднем на 30%. Она является критериальным значением, увеличение урожайности приведет к развитию негативных деградационных последствий в агроландшафте и снижению его экологической устойчивости. Фактическая, потенциально возможная и экологически допустимая продуктивность основных сельскохозяйственных культур представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Фактическая, потенциально возможная и экологически допустимая продуктивность основных сельскохозяйственных культур

Наименование культур	Урожайность, т/га		
	фактическая	потенциально возможная	проектная
Зерновые (яровая пшеница, овес)	0,74 – 0,58	5,9	4,1
Многолетние травы на сено	1,16	14,8	8,5

Из таблицы 4 следует, что продуктивность сельскохозяйственных угодий в современных условиях в 5-7 раз ниже, чем она может быть после реконструкции оросительной системы. Возможность получения экологически обоснованного уровня урожайности подтверждается фактической урожайностью на стабильно функционирующих окультуренных землях в хозяйствах Республики Хакасия.

Для ежегодного получения достаточно высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, улучшения физических, химических свойств почв, формирования оптимальных соотношений питательных веществ в пахотном слое почвы необходимо применение органических и минеральных удобрений. Реконструкция оросительной системы на фоне агротехнических мероприятий будет способствовать наиболее полной реализации природно-ресурсного потенциала территории.

Агротехнические мероприятия выполняются с расчетом создания уровня эффективного плодородия, гарантирующего запланированную урожайность. Дозы внесения минеральных удобрений были рассчитаны с учетом величины планируемого урожая: азота – 140-160 кг д.в./га, фосфора – 60-140 кг д.в./га, калия – 100-120 кг д.в./га. Доза внесения органических удобрений должна составлять 10 – 12 т/га.

Прирост производства кормов позволит увеличить поголовье КРС на 12193 головы, что даст возможность получать дополнительную продукцию животноводства в следующем объеме: молока - 16460 т, мяса – 2156 т (рис. 4). После реконструкции оросительной системы обеспеченность населения Усть-Абаканского района молоком и молокопродуктами составит 117 %, мясом и мясными изделиями – 79 %.

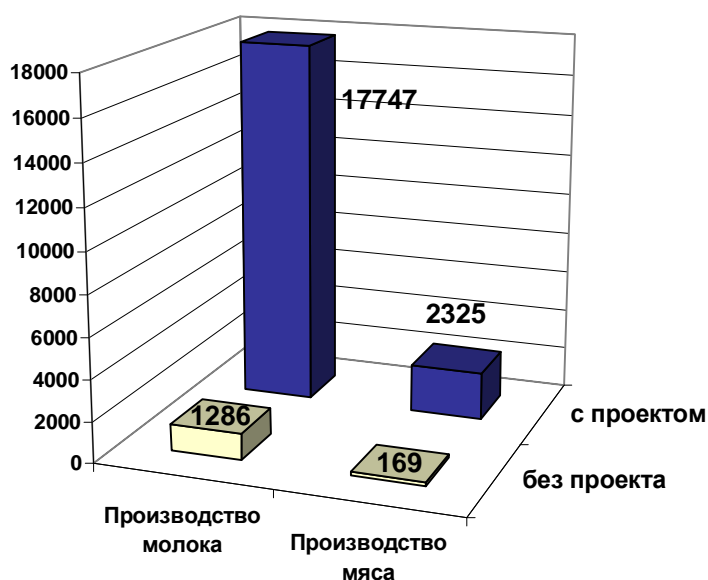


Рисунок 4 – Обеспеченность продуктами животноводства

С использованием технологии поддержки принятия решений при обосновании эффективности инвестиционных мелиоративных проектов, разработанной Юрченко И.Ф., была проведена оценка экономической эффективности реализации проекта реконструкции Усть-Абаканской оросительной системы (табл. 5).

Стоимость реконструкции оросительной системы составляет 1326,5 тыс. руб. в ценах 2006г. Результаты оценки проекта реконструкции свидетельствуют о его экономической эффективности: срок окупаемости с учетом дисконта равен 5 годам для общественной эффективности и 9 годам – для бюджетной. Дисконтированный прирост чистого дохода составляет 3561,5 тыс. руб. и 1008,4 тыс. руб. для общественной и бюджетной эффективности соответственно. Эколого-экономический результат, полученный за счет увеличения стоимости плодородного слоя, равен 3393,3 тыс. руб.



Таблица 5 - Результаты оценки проекта реконструкции Усть-Абаканской оросительной системы Республики Хакасия

№	Наименование	Ед. изм.	ВАРИАНТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ		
			Общественная	Коммерческая	Бюджетная
1	Дисконтированный прирост чистого дохода	тыс. руб.	3561,5	371,4	1008,4
2	Прирост чистого дохода	тыс. руб.	8076,3	1497,1	2778,8
3	Срок окупаемости по дисконтированному приросту чистого дохода	лет	5	9,5	9
4	Срок окупаемости по приросту чистого дохода	лет	4	7,5	8
5	Социально-экономический результат	тыс. руб.	2310,2	-	4679,8
6	Эколого-экономический результат	тыс. руб.	3393,3	-	-

Таким образом, реализация проекта реконструкции Усть-Абаканской оросительной системы позволит достичь экологически и экономически обоснованной продуктивности орошаемых угодий 4,1 т з.ед./га. Это обеспечит экологическую устойчивость агрогеосистемы ( $K_y=0,82$ ), в результате чего появится возможность увеличить объемы производства мясной и молочной продукции почти в 14 раз, снабдить г. Абакан продукцией овощеводства и восстановить производство элитных сортов семян. В то же время проведение мелиоративных мероприятий позволит восстановить и сохранить почвенное плодородие и увеличить экономический потенциал орошаемых угодий, что будет способствовать устойчивому развитию сельскохозяйственного производства в пределах Усть-Абаканской оросительной системы.

### Литература

1. Кирейчева Л.В., Белова И.В., Хохлова О.Б. Методология прогнозирования продукционного потенциала и формирование устойчивого мелиорированного агроландшафта. – Сб. «Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования», Москва, 2006.
2. Система ведения агропромышленного производства Республики Хакасия. НИИ аграрных проблем Хакасии СО РАСХН, 2002.
3. Система орошаемого земледелия Хакасской автономной области (рекомендации). – Под ред. В.К. Савостьянова, Абакан, 1985.

## ПРИРОДООХРАННАЯ РОЛЬ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВАХ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ

**И.В. Белова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

**К.Н. Евсенкин, С.В. Перегудов**

Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ, Солотча, Россия

По данным Государственного земельного кадастра по состоянию на 01.01.2000 г. земельный фонд Российской Федерации составил 1709,8 млн. га, торфяные месторождения расположены на площади 15,8 млн. га (Концепция рационального использования торфяных ресурсов, 2003). В настоящее время разрабатывается только 1165,8 тыс. га территории месторождений, что составляет 7,5 % площади месторождений торфа. Основные торфяные залежи (около 74 %) перспективны для разведки и остаются в резерве. Доля мелиорированных торфяников очень мала – всего 66,3 тыс. га (рис. 1).

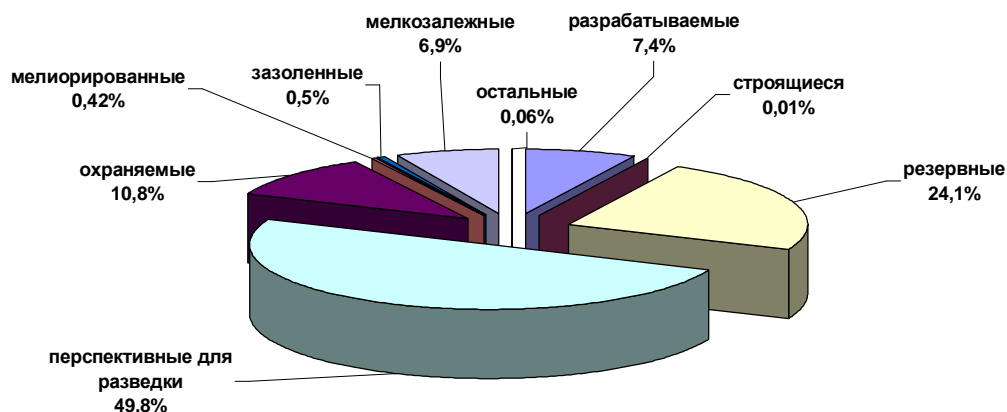


Рисунок 1 – Типы торфяных месторождений РФ (Концепция..., 2003)

В результате многолетней добычи торфа для разных целей образовался фонд выработанных торфяных месторождений площадью 242,3 тыс. га (данные земельного кадастра). В основном это бесхозные земли, которые либо выгорают, либо вторично заболачиваются.

Одним из основных направлений использования выработанных торфяных месторождений является их сельскохозяйственное использование. Целью комплексной мелиорации при сельскохозяйственном освоении выработанных торфяников является получение высоких урожаев возделываемых культур при условии максимально возможного сохранения запасов органического углерода. Агротехнические мероприятия должны регулировать питательный режим торфяной почвы и сохранность ее органического вещества. Внесение органических

и минеральных удобрений на почвах выработанных торфяников является решающим фактором в получении не только высоких урожаев возделываемых культур, но и повышении запасов гумуса - основного показателя потенциального почвенного плодородия, обеспечивающего устойчивость почв к деградации.

Для исследования воздействия органо-минеральных и органических удобрений на плодородие почв выработанных торфяников в 2005 г. авторами под руководством Л.В. Кирейчевой и совместно с Яшиным В.М. (ВНИИГиМ) и Хохловой О.Б. (ЯГМА) был заложен деляночный опыт на стационаре «Тинки-П», расположенном в ОПХ «Полково» (МФ ВНИИГиМ, Рязанская обл.).

В настоящее время продуктивность сельскохозяйственных культур в хозяйстве низкая: за последние 7 лет урожайность многолетних трав варьировалась от 1,17 до 2,5 т/га сухого вещества, что составляет 15-17% потенциальной продуктивности сельскохозяйственных угодий (рис. 2).

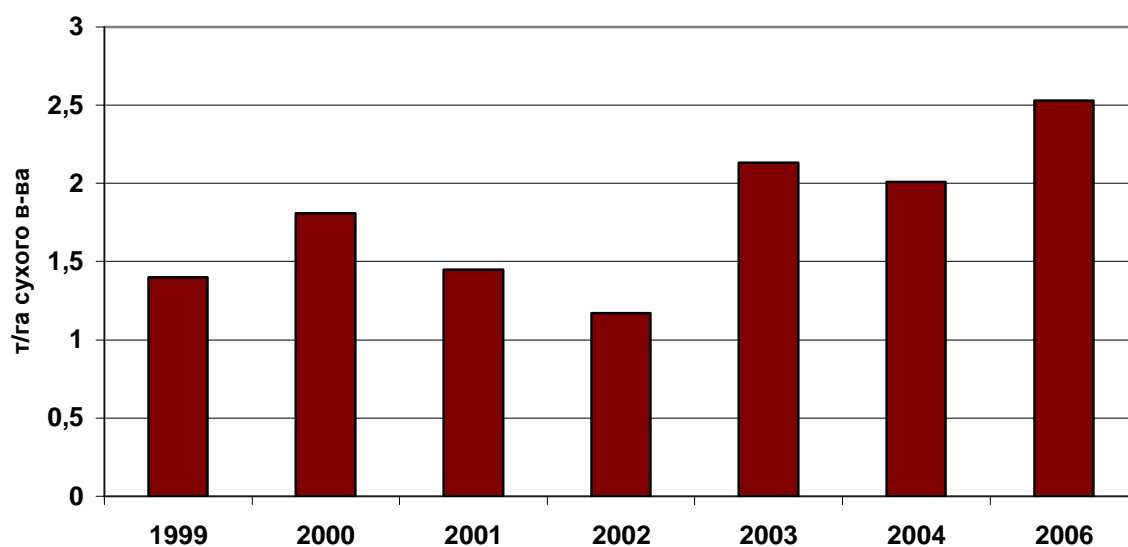


Рисунок 2 – Динамика урожайности многолетних трав в ОПХ «Полково»

Низкая фактическая урожайность объясняется двумя факторами: неблагоприятными климатическими условиями в отдельные периоды (2002 г. был засушливым) и отсутствием необходимого комплекса агротехнических мероприятий, которые не позволили достичь экологически обоснованной величины продуктивности трав – 3,9 – 4,0 т к.ед./га.

По климатическим показателям Рязанская область относится к зоне неустойчивого увлажнения. Среднегодовое количество осадков составляет около 500-575 мм с колебаниями в отдельные годы от 170 мм до 850 мм. В 2006 году экополигон «Мещера» был оборудован метеостанцией RST, работающей в автоматическом режиме. Метеорологические данные за вегетационный период 2006 г. представлены на рисунке 3. Анализ кривой обеспеченности по осадкам, составленной по данным за 1981-2005 г.г., позволяет охарактеризовать 2005 год как сухой, а 2006 г. – как очень влажный. Недостаток увлажнения в отдельные

годы и переизбыток его в другие свидетельствует о необходимости устройства оросительно-осушительных систем.

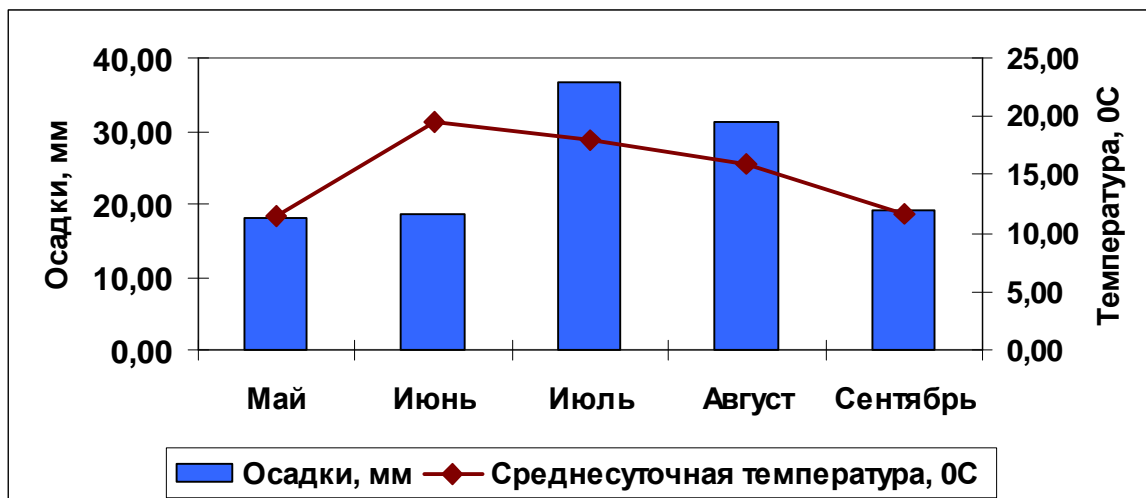


Рисунок 3 – Метеорологические условия вегетационного периода 2006 года

Почва объекта под воздействием сельскохозяйственного производства трансформировалась из торфяной среднемошной в торфянисто-глеевую перегнойную, характеризующуюся (по данным 2005 г.) высоким уровнем содержания азота, обеспеченность доступными формами фосфора и калия средняя. Содержание гумуса в почве 7,1 %, мощность гумусового горизонта 15-25 см (табл.1).

Таблица 1 – Агрохимические свойства почвы на участке Тинки-II

Тип почвы	Сорг, % (по Тюрину)	Нг, мг-экв на 100г	Нобщ.,%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100г почвы	K <sub>2</sub> O, мг/100г
торфянисто-глеевая перегнойная	7,1	0,61	0,365	16,8	18,6

Опыт по повышению плодородия почв выработанных торфяников проводится по трем вариантам в трехкратной повторности. Варианты опыта следующие: контроль; внесение удобрительно – мелиорирующей смеси (УМС); внесение биогумуса (ТУ 9819-002-21080799-2002), производимого фирмой «Грин ПИКЪ» (г. Ковров, Владимирская обл.). Площадь делянки равна 128 м<sup>2</sup>. Норма внесения биогумуса и УМС составила 10 т/га сухого вещества.

Удобрительно-мелиорирующая смесь является органо-минеральным удобрением длительного действия, в состав которого входят следующие компоненты: карбонатный сапропель; торф; минеральные удобрения (нитрофоска, в пе-

реводе на действующее вещество азота - 70 кг д.в./га; фосфора -30 кг д.в./га; калия - 35 кг д.в./га). Одновременно с внесением удобрительно-мелиорирующей смеси производился полив почвы микробным препаратом из расчета 1 л/м<sup>2</sup> для активизации процессов гумусонакопления.

Большую часть биогумуса составляют органические вещества, доля гуминовых веществ около 30 %, в состав также входят элементы минерального питания и микроэлементы. После внесения мелиоранта производился полив препаратом «Гумистар» из расчета 1 л/м<sup>2</sup>.

Для создания благоприятного водного режима в 2006 г. этот стационар был оборудован комплектом ирригационным с переносными дождевальными крыльями (КИ-5) конструкции ВНПО «Радуга». Оросительная норма 2006 года составила 40 мм. В целом влажность почвы за вегетационный период была благоприятной для роста и развития многолетних трав (72 – 80 % ПВ).

Динамика урожайности за два года исследований приведена на рисунке 4. В 2005 г. на опытном участке высевалась смесь однолетних и многолетних культур: овес, смесь овсяницы луговой и костера безостого. Всходы многолетних трав были неудовлетворительными, поэтому на второй год наблюдений был проведен посев тимофеечно-кострецовой смеси, рассчитанной на длительный срок (8-10 лет) использования.

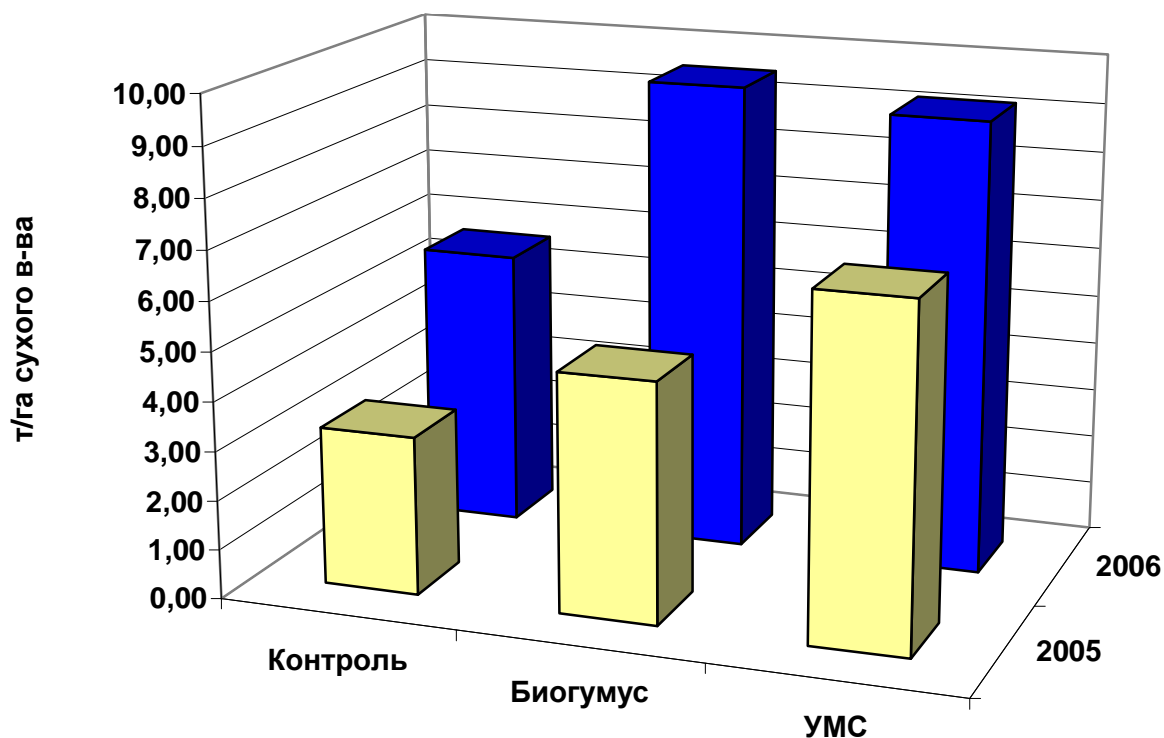


Рисунок 4 – Динамика урожайности по вариантам опыта на участке «Тинки-II»

В 2005 году был проведен один укос многолетних трав 25 августа. Наибольшая урожайность фитомассы наблюдалась в варианте с УМС – 6,89 т/га

сухого вещества. По сравнению с контролем произошло увеличение урожайности более чем в 2 раза. Урожайность в варианте с биогумусом составила 4,84 т/га сухого вещества, что на 50 % больше, чем на контроле.

В течение второго года наблюдений было проведено два укоса: первый – 3 июля, второй – 24 августа. Следует отметить наличие засоренности посевов в первый доукосный период. Урожайность на вариантах с внесением биогумуса и УМС различалась менее чем на 4 % (9,18 и 9,52 т/га).

Влияние внесенных органических веществ на содержание гумуса было оценено по балансу гумуса, рассчитанного по методике Васильева В.А., Филипповой Н.В. (1988) (табл. 2). В приходных статьях баланса учитывается поступление органики из УМС и биогумуса, а также количество гумуса, образовавшегося из растительных остатков, а в расходной – потери гумуса на минерализацию.

Таблица 2 – Баланс гумуса на участке «Тинки-II»

Варианты	Годы	Урожайность, т/га	Запасы гумуса, т/га	Потери гумуса на минерализацию, т/га	Гумус из растительных остатков, т/га	Поступление органики из мелиоранта, т/га	Внесено гумуса, т/га	Запасы гумуса после мероприятий, т/га	Баланс, т/га
Контроль	2005	3,22	177,5	1,24	0,10	0,00	0,10	176,35	-1,15
	2006	5,65	175	1,23	1,36	0,00	1,36	175,13	0,13
УМС	2005	6,89	183,75	1,29	0,21	5,00	5,21	187,67	3,92
	2006	9,18	193,75	1,36	2,20	0,00	2,20	194,60	0,85
Биогумус	2005	4,84	186,25	1,30	0,15	7,00	7,15	192,09	5,84
	2006	9,52	193,75	1,36	2,28	0	2,28	194,68	0,93

Анализируя результаты расчетов, можно судить, что наибольшее увеличение содержания гумуса – до 7,95 % - наблюдалось при внесении биогумуса, в варианте с УМС этот показатель повысился до 7,85 %. В 2005 год произошло увеличение запасов гумуса на вариантах с биогумусом и УМС: +5,84 и +3,92 т/га соответственно. На контроле запасы гумуса уменьшились. В 2006 году на всех вариантах наблюдался положительный баланс, наибольшее увеличение произошло при внесении биогумуса, что объясняется более высокой урожайностью на этом варианте по сравнению с другими.

Полученные данные за двухлетний период исследований дают возможность утверждать, что применение органо-минеральных (удобрительно-

мелиорирующая смесь) и органических удобрений (биогумус) на фоне орошения позволяет:

- во-первых, повысить урожайность многолетних трав на 62,6 и 68,8 % соответственно по сравнению с контролем;

- во-вторых, увеличить запасы гумуса в почве на 10,6 и 12 % соответственно на вариантах с УМС и биогумусом по сравнению с исходным состоянием.

Следует отметить, что исследования по применению удобрительно-мелиорирующей смеси и биогумуса на почвах выработанных торфяников будут продолжены.

Таким образом, природоохранная роль органо-минеральных и органических удобрений заключается в повышении плодородия почв при получении экологически обоснованного объема продукции, что способствует устойчивому развитию сельскохозяйственного производства в целом.

#### **Литература**

1. Васильев В.А., Филиппова Н.В. Справочник по органическим удобрениям. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.

2. Кирейчева Л.В., Белова И.В., Хохлова О.Б. Методология прогнозирования продукционного потенциала и формирование устойчивого мелиорированного агроландшафта. – Сб. «Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования», Москва, 2006.

3. Концепция рационального использования торфяных ресурсов России (проект). – Томск: ЦНТИ, 2003. – 60 с.

УДК 635.3:631.347

### **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПРИ ПОЛИВЕ МОРКОВИ ДМ «КУБАНЬ – ЛК1» НА ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**С.В. Брыль**

ФГНУ ВНИИ "Радуга", Коломна, Россия

Орошение оказывает двоякое воздействие на состояние почвенного плодородия: с одной стороны, благодаря поливу, создается оптимальный режим влажности, за счет чего увеличивается коэффициент усвоения питательных элементов из почвы, происходит накопление пластических веществ в вегетативных и репродуктивных органах растений. С другой стороны - за счет ударной силы дождя разрушаются агрономические ценные агрегаты, увеличиваются плотность почвы, миграционная способность подвижных веществ, усиливается минерализация органических веществ /1/. Необходимо отметить, что степень выраженности негативных явлений зависит от технических особенностей по-

ливной техники, качества и интенсивности дождя. В 2004 году ФГНУ ВНИИ «Радуга» проводились исследования для сравнительной оценки степени воздействия на почву дождя при использовании дождевальных машин различной модификации. Результаты исследований показали, что более щадящее воздействие на почву оказала ДМ «Кубань», под которой объемная масса и плотность почвы были ниже в 1,1... 1,3 раза, по сравнению с этими же показателями под ДДА-100В /4/.

В результате освоения пойменных почв и насыщения севооборотов овощными пропашными культурами произошло снижение значений показателей, отражающих уровень их плодородия. Это выражается, прежде всего, в снижении содержания гумуса в Центральной пойме с 6,6 до 3...4%, увеличении плотности пахотного слоя, появлении «плужной подошвы», ставшей водоупорным слоем, уменьшении содержания агрономически ценных агрегатов /2, 3/.

Немаловажную роль в снижении плодородия этих почв сыграла и общая тенденция потепления климата. Это выразилось, прежде всего, в том, что в последние 20 лет в связи с теплыми и малоснежными зимами не наблюдалось разлива рек и, следовательно, исчез источник пополнения пойменных почв органическими и минеральными веществами.

Исследования в 2005 году проводились на пойменных почвах р. Оки в 3...5 км к юго-востоку от д. Жиливо Озерского района Московской области, арендуемых ОАО «Маливо». Почвы этой местности относятся к почвам Верхней Оки. За счет проявления алювиального процесса почва этой территории обогащена карбонатами, что выражается в слабощелочной реакции среды. Отличительная особенность территории – отсутствие болот и преобладание дерновых и дерново-луговых почв. Для почв этой зоны характерно отсутствие оглеения и ожелезнения. Это обусловлено наличием песчаных линз, обладающих высокой фильтрационной способностью. На нераспаханной части поймы структура почвы комковато зернистая, хорошо выраженная. Однако за счет распашки характер структуры почвы изменился - уменьшилось содержание агрономически ценных агрегатов размером 0,25...3,0 см. Количество гумуса сравнительно невелико (3,61...4,7%). Реакция почвенного раствора – слабощелочная (рН=7,2...7,6). Почвы под естественным травостоем относятся к очень высокообеспеченным фосфором (18...26 мг/100г) и низкообеспечены калием (4,1...5,7 мг/100г). Характеристика почвы, нетронутой сельскохозяйственным производством, представлена в таблице 1.

Почвы этой части поймы обладают благоприятными физико - химическими свойствами, поэтому широко используются в земледелии, на них выращивают такие овощи, как капуста, картофель, свекла, морковь, лук и др. При их возделывании используют орошение. На объекте исследования орошение осуществляется дождевальными машинами кругового действия «Кубань-ЛК1», «Валлей», «Франс-Пивот». Эти машины позволяют осуществлять полив в ав-



томатизированном режиме, оказывая щадящее воздействие на почву и орошаемые культуры.

Таблица 1- Агрохимические показатели целинной пойменной почвы (р.Ока, Жиливо) 2005 г.

Глубина отбора образцов, см	Содержание питательных элементов*, млн. <sup>-1</sup>					
	pH сол.	pH воды	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0...10	<u>7,38</u>	<u>8,07</u>	<u>5,26</u>	<u>9,35</u>	<u>269,5</u>	<u>5,1</u>
	7,11	7,97	2,12	10,11	301,7	4,2
10...20	<u>7,55</u>	<u>8,40</u>	<u>5,26</u>	<u>2,67</u>	<u>249,4</u>	<u>5,4</u>
	7,42	8,25	2,73	8,12	271,5	4,1
20...30	<u>7,56</u>	<u>8,36</u>	<u>5,30</u>	<u>5,35</u>	<u>249,4</u>	<u>5,2</u>
	7,40	8,21	3,28	7,18	237,6	3,6
30...40	<u>7,60</u>	<u>8,43</u>	<u>5,20</u>	<u>4,00</u>	<u>259,4</u>	<u>5,3</u>
	7,56	8,21	3,01	5,19	212,3	4,1
40...50	<u>7,69</u>	<u>8,55</u>	<u>4,80</u>	<u>4,00</u>	<u>189,5</u>	<u>5,5</u>
	7,69	8,45	2,85	5,10	200,1	4,8
50...60	<u>7,71</u>	<u>8,56</u>	<u>5,3</u>	<u>2,67</u>	<u>209,4</u>	<u>5,7</u>
	7,69	8,56	2,97	3,15	190,3	4,3

\*Примечание: в числителе приводятся показатели в начале вегетационного периода, в знаменателе в конце вегетации.

Пойменные почвы занимают территорию около 42 млн. га. Они резко отличаются по уровню плодородия, генезису и хозяйственному использованию от почв водоразделов. Особенно это касается пойменных почв Нечерноземной зоны, где они занимают порядка 6 млн. га /1/. Хотя эти почвы и занимают незначительную часть территории, все же они представляют особую ценность для сельскохозяйственного производства. Важнейшей особенностью этих почв является высокий уровень их плодородия и близость к водоисточникам, что позволяет широко использовать орошение и получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

В изучении процесса генезиса и освоения пойменных почв проделана большая работа. Установлено, что в результате освоения этих почв и насыщения севооборотов овощными пропашными культурами произошло снижение значений показателей, отражающих уровень плодородия.

Это выразилось, прежде всего, в снижении запасов гумуса в Центральной пойме с 6,6 до 3...4%, уплотнении пахотного слоя, появлении «плужной подошвы», ставшей водоупорным слоем, уменьшении содержания агрономически ценных агрегатов /2, 3/.

С целью агроэкологической оценки воздействия поливной техники на почву и урожайность отбирались почвенные образцы, в которых определялись подвижные элементы и влажность. Результаты полученных исследований представлены в таблицах 2, 3, 4, 5, 6. Как показывает анализ таблицы 5, за годы освоения поймы реакция почвенного раствора не изменилась и осталась в пределах 7,5 ...7,8. Причина этого кроется в карбонатных почвообразующих породах, как самой почвы, так и водораздельного пространства. Содержание аммония в почве в начале вегетации было незначительно и лишь в середине вегетации (середина июля), концентрация его увеличилась под всеми машинами и культурами. Связано это с проведением подкормок аммиачной селитрой и “Кемирой”. Особенно высоким содержание аммиачной формы азота было под луком (250 ... 1755 млн.<sup>-1</sup>). Следует отметить, что концентрация N – NH<sub>4</sub> увеличилась от проведения подкормок не только в пахотном слое, но и за счет полива – по всему изучаемому почвенному профилю. По мере потребления азота растениями и за счет деятельности нитрифицирующих бактерий в конце вегетации концентрация аммонийной формы азота уменьшилась в 5...10 раз.

Таблица 2 - Кислотность пойменных почв рН

Горизонт, См	Дата отбора образцов					
	26.05.05	8.06.05	23.06.05	12.06.05	28.07.05	29.08.05
ДМ «Кубань-ЛК1» - морковь						
0...10	7,53	7,48	7,50	7,51	7,42	7,5
10...20	7,79	8,07	7,80	8,00	7,93	7,8
20...30	7,97	8,05	8,00	7,96	7,87	7,8
30...40	8,00	7,96	7,95	8,01	8,2	8,0
40...50	8,10	8,14	8,12	8,08	8,1	8,0
50...60	8,21	8,19	8,20	8,20	8,2	8,2

Таблица 3 - Содержание N – NH<sub>4</sub><sup>1</sup>

Глубина горизонта, см	Срок отбора образцов, дни						
	26.05.05	8.06.05	23.06.05	12.07.05	28.07.05	29.08.05	20.09.05
ДМ «Кубань-ЛК1» - морковь							
0...10	7,67	5,23	-	120,4	4,17	3,12	-
10...20	3,84	0,53	-	80,3	2,12	2,69	-
20...30	3,84	-	-	66,9	1,4	0,3	-
30...40	7,67	1,32	-	13,4	1,1	0,54	-
40...50	5,12	1,32	-	80,3	1,1	0,16	-
50...60	5,12	1,32	-	26,8	1,1	0,1	-

Концентрация нитратной формы азота (табл. 4) была высокой в первый месяц после посадки, так как, отмечалось выше, при посеве и посадке хозяйство вносит высокие дозы минеральных удобрений.

Таблица 4 - Изменения содержания N – NO<sub>3</sub> (млн.<sup>-1</sup>)\*

Глубина горизонта, см	Срок отбора образцов, дни						
	26.05.05	8.06.05	23.06.05	12.06.05	28.07.05	29.08.05	20.09.05
ДМ «Кубань-ЛК1» - морковь							
0...10	46,25	72,5	1,7	4,4	2,3	2,0	2,37
10...20	24,85	19,5	1,1	2,1	1,2	2,3	3,05
20...30	11,31	9,08	2,0	1,8	2,0	3,4	6,5
30...40	6,54	10,46	11,3	1,7	8,3	5,8	2,5
40...50	7,54	5,4	8,7	1,7	1,3	-	4,6
50...60	10,65	7,81	4,1	2,6	1,2	-	5,8

\*Примечание: соответствует размерности мг/кг

Необходимо отметить, что, несмотря на полив и значительное количество осадков в мае-июне, миграции нитратов по профилю почвы не наблюдалось. Препятствием в продвижении нитратов за пределы пахотного слоя служила плужная подошва на глубине 30...40 см, наличие которой сокращало содержание нитратного азота в 2...5 раз в зависимости от культуры и поливной техники. К концу вегетации концентрация N-NO<sub>3</sub> под всеми культурами уменьшилась в десятки раз по сравнению с начальным периодом. Это сказалось и на качестве урожая исследуемых культур, в которых качественная реакция на N-NO<sub>3</sub> с дифениламином дала отрицательные показатели, т.е. продукция по этому показателю соответствовала требованиям ГОСТ.

Как отмечалось выше, изучаемые почвы характеризуются высоким природным содержанием фосфора, содержание которого в неосвоенной почве (табл. 1) превышало оптимальные параметры в 2...4 раза.

Таблица 5 - Содержание подвижного фосфора (млн.<sup>-1</sup>)

Горизонт, см	Дата отбора образцов						
	26.05.05	8.06.05	23.06.05	12.07.05	28.07.05	29.08.05	20.09.05
ДМ «Кубань-ЛК1» - морковь							
0...10	592,76	609,5	575,2	467,0	402,3	396,3	392,7
10...20	554,5	499,6	454,6	398,8	352,6	312,4	432,0
20...30	516,24	456,6	353,6	389,1	372,3	352,3	312,3
30...40	497,16	419,6	333,4	369,7	360,5	320,4	312,3
40...50	478,0	409,6	252,6	350,2	300,3	257,6	373,1
50...60	363,3	179,8	141,5	223,6	250,2	193,5	195,4

Сельскохозяйственное использование привело, в виду внесения комбинированных фосфорсодержащих удобрений, к еще большему накоплению  $P_2O_5$ . Так в зависимости от культуры концентрация  $P_2O_5$  менялась в течение 2005 г. в пределах 316...594 млн.<sup>-1</sup> против 270 млн.<sup>-1</sup> на контроле. Избыток фосфора приводит к «зафосфачиванию» почв, что нарушает требуемое оптимальное соотношение N: P: K при питании культур и приводит к снижению урожая. Фосфор, ввиду незначительного коэффициента усвоения из удобрений и почвы (20...25%), накапливается, и его концентрация незначительно уменьшается к концу вегетационного периода.

Пойменные почвы отличаются невысоким содержанием подвижного калия, о чем свидетельствуют данные, полученные нами (табл. 6). Так под морковь содержание  $K_2O$  было ниже оптимальных параметров (250...300 млн.<sup>-1</sup>) в 1,2...14 раз, под картофелем в 1,2...5,0, под луком – в 4...15 раз ниже оптимальных пределов. Увеличение содержания калия наблюдалось лишь после проведения подкормок. Необходимо отметить, что и в отношении калия, как и нитратного азота, плужная подошва, расположенная на глубине 30...40 см, является препятствием для миграции вниз по почвенному профилю.

Таблица 6 - Изменение содержания подвижного калия (млн.<sup>-1</sup>)

Горизонт, см	Дата сбора образцов						
	26.05.05	8.06.05	23.06.05	12.06.05	28.07.05	29.08.05	20.09.05
ДМ «Кубань-ЛК1» - морковь							
0...10	57,67	93,01	22,3	132,7	52,3	42,6	18,8
10...20	84,28	39,07	127,8	123,3	32,4	30,3	16,3
20...30	38,82	18,15	101,1	120,8	19,3	17,4	9,2
30...40	28,83	25,74	66,7	12,2	15,6	26,5	11,3
40...50	28,83	16,55	61,1	9,8	8,6	7,2	11,8
50...60	16,41	8,11	19,3	6,0	5,3	4,3	6,5

По соотношению питательных элементов можно заключить, что оптимальные параметры плодородия почв не поддерживаются в нужных пределах. Наблюдается недостаток калия и избыток фосфора. Следовательно, хозяйству необходимо пересмотреть сложившуюся систему удобрений: сократить дозы фосфорных и увеличить объем внесения калийных удобрений.

Кроме питательных элементов изучался процесс изменения влажности почвы и ее распределение в зависимости от вида поливной техники. Как показали проведенные нами исследования, на всех культурах, несмотря на различную поливную технику, наблюдался недополив. Особенно наглядно это прослеживается на культуре моркови, где полив осуществляется ДМ «Кубань». Отставание содержания влаги от оптимальных параметров (60...80% ППВ) происходило от неправильной регулировки скорости движения машины и не-

обеспеченном давлении в дождевом поясе машины. Так, по данным оператора, 18.07. он производил полив нормой 200 м<sup>3</sup>/га. Фактически же определенная нами поливная норма составила 85...91 м<sup>3</sup>/га по длине машины, т.е. поливная норма была занижена более чем в 2 раза. Полив такой маленькой нормой привел к тому, что под морковь влажность почвы была почти в 2 раза ниже оптимальных параметров. Исключение составил период с 15 мая по 20 июня, когда за день выпадало по 8...70 мм осадков. (4)

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее щадящее воздействие на почву оказывает полив ДМ «Кубань», под которой объемная масса и плотность были ниже в 1,1... 1,3 раза, по сравнению с этими же показателями под ДДА-100В;

2. Необходим постоянный агроэкологический контроль за состоянием пойменных почв Московской области, так как чрезмерное внесение минеральных и органических удобрений приводит к накоплению их в почве и выносу в грунтовые и поверхностные воды;

3. Рекомендуются проведение мероприятий по созданию возможности автоматизированного управления поливами и оперативного планирования эксплуатационных режимов орошения, обеспечивающих ресурсосбережение и экологическую безопасность.

#### **Литература**

1. Ольгаренко Г.В., Городничев В.И. «Дождевальная техника нового поколения». Мелиорация и водное хозяйство №2, 2006 г.

2. Кораблева Л.И. Плодородие, агрохимические свойства и удобрение пойменных почв Нечерноземной зоны. Издательство «Наука», М. 1969 г.

3. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. Издательство МГУ 1968 г.

4. Отчет по теме 1.115: «Проведение исследований и разработка критериев контроля агроэкологического качества полива дождеванием», научный руководитель темы, ответственный исполнитель, главный научный сотрудник, д.т.н., профессор А.И. Рязанцев, ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна 2005 г.

УДК 631.452:631.8

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЕ БИПРОДУКТИВНОСТИ ОРОШАЕМЫХ КУЛЬТУР ЗА СЧЕТ УДОБРЕНИЙ**

**В.И. Булгаков, Н.Б. Оленин, Н.А. Волокитина, С.В. Галузинская**  
ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Как показывает практика, техническое и технологическое оснащение комплекса мелиоративных систем не влияет положительно на исчезающее плодородие почв и снижающуюся биопродуктивность орошаемых сельскохозяйст-

венных культур. Для обеспечения необходимого агроэкологического эффекта в орошаемых земледельческих районах, в том числе создающих устойчивую кормовую базу животноводства, следует в первую очередь применять минеральные удобрения. Последние, выпускаемые промышленностью в достаточном количестве, в настоящее время являются практически основным средством сохранения и повышения уровня плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Решающую роль при этом играют азотные удобрения, т. к. повышение содержания белка, составляющего основную массу протоплазмы и ферментов, напрямую связано с азотным питанием растений.

Эффективность фосфорных удобрений во всех зонах орошаемого земледелия ниже, чем азотных, и в значительной степени зависит от уровня содержания подвижных фосфатов. С годами эффективность фосфорных удобрений заметно повышается для всех полевых культур.

Калийные удобрения приводят к значительным прибавкам урожая только в районах давнего орошения. В новоорошаемых районах положительное действие калийных удобрений не отмечается, за исключением легких почв. Тем не менее, во избежание истощения почв калием, ученые рекомендуют его внесение небольшими дозами, в пределах 40-60% от выноса с планируемым урожаем, а для калиелюбивых культур – в пределах 70-80 % от выноса. Недооценка калийных удобрений сельскохозяйственными товаропроизводителями приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции.

Основные условия эффективности применения удобрений на орошаемых землях заключаются в обеспечении, прежде всего, требуемого водно-воздушного режима почв и соблюдении режимов орошения сельскохозяйственных культур. Регулированием в онтогенезе уровней влажности почвы и удобрений можно одновременно повышать содержание белка и клейковины в зерне пшеницы, сахаров и аминокислот в листьях и стеблях многих культур, то есть улучшать их кормовые качества.

Минеральные удобрения следует вносить в условиях орошения с учетом агрохимических свойств почвы и потребности растений в элементах питания, определенных с помощью почвенно-растительной диагностики. При этом необходимы знания фактического и оптимального содержания элементов питания в почве и растениях.

Для предупреждения негативного влияния на природную среду минеральных удобрений при их внесении под орошаемые зерно-кормовые культуры разработаны ПДК по азоту, фосфору, калию и другим сопутствующим элементам в качестве критерия безопасности для окружающей среды. Следует избегать подачи разовых доз азотных удобрений (>170-180 кг действующего вещества на 1 га) и поздних, близких к уборке урожая, азотных подкормок из-за нитратного

загрязнения природных вод и с/х продукции (ПДК нитратов в питьевой воде не должно превышать 45 мг/л  $\text{NO}_3$ , ПДК азота нитратов в кормах не должно превышать 0,07 %).

Высокие нормы фосфорных удобрений загрязняют почвы фтором и тяжелыми металлами (кадмием, никелем, мышьяком, ртутью и др.), вредными для здоровья человека и животных. С 60 кг суперфосфата в почву попадает до 6-8 кг фтора, при ПДК – 5 мг/кг почвы. Между тем, в районах нового орошения, допускается внесение фосфора до 150 кг/га действующего вещества. Максимальное количество фтора (3,5-4 %) содержится в аммофосе, в простом и двойном суперфосфате он составляет 1,5 % в пересчете на сухое вещество. При внесении фосфогипса ограничивающим фактором должен быть содержащийся в нем фтор.

Внесение калийных удобрений не должно приводить к загрязнению пастбищной травы калием (>3 %), во избежание нарушения соотношения калия и натрия (>8%), приводящего к плохой поедаемости кормов животными. Оптимальное отношение калия к сумме кальция и магния не должно быть больше 1,4. При увеличении этого соотношения животные испытывают недостаток магния и заболевают гипомagneиевой тетанией. Как считают ученые, нужно стремиться к выпуску более удобного для растений сульфата калия.

Для предотвращения внесения экологически опасных для окружающей среды норм минеральных удобрений при разработке научно обоснованной системы удобрений в севообороте главным вопросом будет являться определение их оптимальных доз внесения.

В настоящее время в агрохимической службе действует отраслевой стандарт на применение минеральных удобрений (ОСТ 10136-96), предусматривающий расчет доз питательных элементов (N, P, K): по нормативам затрат удобрений ( $\text{N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) на планируемый урожай и по выносу питательных элементов планируемым урожаем. Стандарт допускает также и другие методы расчета удобрений при наличии доступной информационной базы данных о почве и с/х культурах, например, балансовый.

В ФГНУ ВНИИ "Радуга" разработана компьютерная программа, обеспечивающая оперативное получение достоверной информации по определению потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях орошаемых зерно-кормовых севооборотов на различных типах почв. На программу выдано свидетельство об официальной регистрации в Реестре программ для ЭВМ (№2003612401 от 28 октября 2003 г., г. Москва). В 2004 г. она дополнена и усовершенствована (а. с. № 2004611473 от 15 июня 2004 г.). Программа предназначена для автоматизации процедуры расчета необходимого количества вносимых минеральных удобрений и их стоимости на запланированный урожай с/х культур зерно-кормовых севооборотов.

Предлагаемый способ расчета этих норм балансовым методом осуществляется в среде Excel-97 для IBM PC под управлением операционной системой Windows- 98 (рис.1).

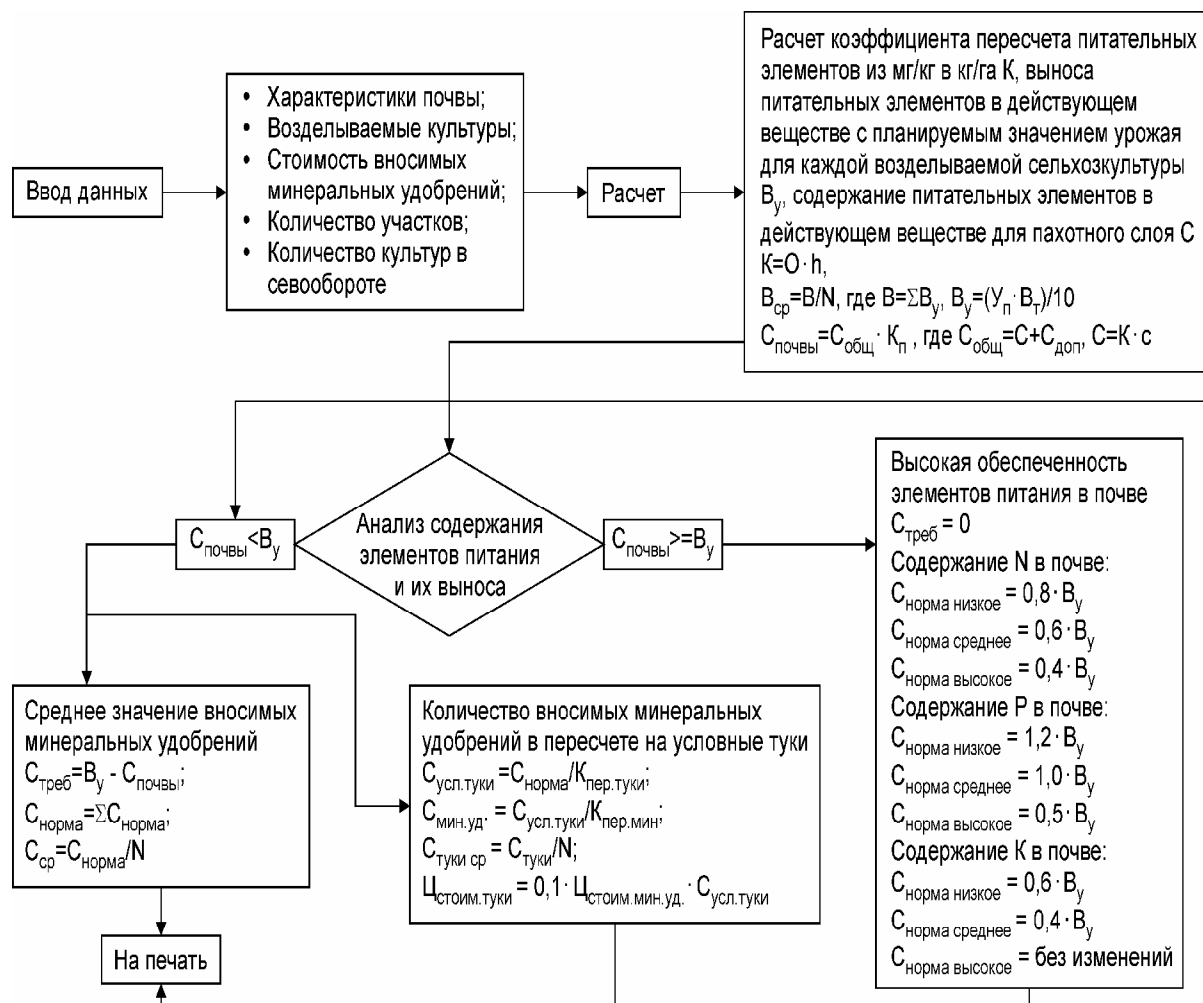


Рисунок 1 - Расчет норм минеральных удобрений балансовым методом

В автоматизированном способе расчета норм минеральных удобрений реализована модель балансового расчета норм минеральных удобрений В. Г. Минеева для основных почвенно-климатических зон РФ и формула А.Е. Кочергина и Ю.И. Ефремова для черноземов лесостепной и степной зон Южного Урала и Западной Сибири [1], [2]. Для расчета норм азотных удобрений под овощные культуры запрограммирован показатель общего азота.

В настоящее время в соответствии с утвержденной Федеральной целевой программой "Сохранение и восстановление земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России 2006-2010 гг." предлагается увеличение на площади 22 млн.га содержания таких подвижных форм питательных элементов, как азот в среднем не менее, чем на 10 мг/кг почвы, фосфор – не менее, чем на 3 мг/кг почвы, калий – не менее, чем на 3 мг/кг почвы. Указанные элементы (N, P) относятся к группе с коротким перио-



дом восстановления плодородия почв (3-5 лет) [3]. Внося соответствующие минеральные удобрения можно быстро достичь для них в почве оптимальных величин.

В связи с этим мы усовершенствовали прежнюю модель расчета удобрений на воспроизводство плодородия почв, добавив к ней расчет удобрений на повышение плодородия почв по формуле Постникова А.В. (второй ее части) [4].

$$D = V/K_1 + (C_3 - C_{\phi}) K_2 / K_3 \cdot t,$$

где D- доза питательного вещества, кг/га; V – вынос элемента минерального питания запланированным урожаем, кг/га;  $K_1$  – коэффициент использования вещества с учетом последствия;  $C_3$  – заданное содержание питательного вещества в почве, мг/100 г;  $C_{\phi}$  – фактическое содержание питательного вещества в почве, мг/100 г;  $K_2$  – коэффициент пересчета мг/100 г, кг/га;  $K_3$  – коэффициент влияния удобрений на изменение содержания питательных веществ в почве; t – время, за которое намечено получить заданное содержание питательного вещества в почве, лет.

Результатом работы программы являются таблицы внесения рекомендуемых норм и стоимости минеральных удобрений в действующем веществе, кг/га и руб./га под возделываемую с/х культуру для различных типов почв с учетом повышения их плодородия. Количество вносимых минеральных удобрений на повышение плодородия почв распределяется по годам на 5 лет.

Алгоритм решения задачи разбит по 4 листам программы, написанной на языке Excel - 2003. На 4 листе программы представлен расчет потребности в азотных удобрениях на запланированный урожай озимой пшеницы, с учетом изменения плодородия почв на орошаемых землях Воронежской области на величину целевого индикатора (10 мг/кг почвы). Полученные нормы азота в д.в. распределены по годам внесения (на 5 лет) в соответствующих процентах (в более поздние годы дозы удобрений будут выше) (табл. 1).

При необходимости можно брать другие соотношения процентов. В ФЦП "Сохранение и восстановление плодородия почв... на 2006-2010 гг." усредненный расчет на величину целевого индикатора по азоту составил 25 кг/га д. в. N в год.

Таким образом, использование в орошаемом земледелии компьютерной программы расчета доз минеральных удобрений на запланированный урожай сельскохозяйственных культур с учетом повышения плодородия почв может содействовать регулированию плодородия и достижению проектной биопродуктивности, сохраняя экологический баланс эксплуатируемого агроландшафта. При этом в условиях орошения для предотвращения опасности интенсивной фильтрации и выноса элементов питания за пределы корнеобитаемой зоны в грунтовые воды необходимо придерживаться поливных норм, не превышающих дефицита наименьшей влагоемкости (НВ) в расчетном слое почвы. Реко-

Таблица 1 - Определение потребности яровой пшеницы в азотных удобрениях с учетом повышения плодородия основных типов почв (в азоте), Воронежская обл., степная зона

	Тип почвы	Объемный вес почвы, г/см <sup>3</sup>	Глубина пахотного слоя, м	Дополнительное содержание питательных элементов	Вынос питательных элементов с 1 т продукции, кг	Планируемый урожай, ц/га	Вынос питательных элементов на планируемый урожай, кг/га	Вносится в виде минеральных удобрений, кг/га по д.в. при обеспеченности в мг/кг			Содержание питательных элементов в пахотном слое почв, кг/га при обеспеченности в мг/кг		
				N-NO <sub>3</sub>	N <sub>гидр.</sub>	N <sub>общ.</sub>		Обеспеченность			Обеспеченность		
			Заносится вручную			Границы обеспеченности	Низкая	Средняя	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая	
								< 46	46-60	>60	< 46	46-60	>60
						Фактическое значение	16	55	95	10	10	10	
1	Выщелоченный чернозем	1,11	0,5	0	40	40	160	220	130	50	55,5	55,5	55,5
						Фактическое значение	30	51	65	10	10	10	
2	Типичный чернозем	1,06	0,5	0	40	40	160	190	140	120	54	54	54
						Фактическое значение	40	52	100	10	10	10	
3	Обыкновенный чернозем	1,16	0,5	0	40	40	160	160	140	30	58	58	58

Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, %	Требуется внести в виде минеральных удобрений, кг/га по д.в. при обеспеченности в мг/кг при повышении плодородия почв			Тип почвы	Годы	
	2006	2007	2008			2009
					Процент внесения минеральных удобрений по годам	
	Обеспеченность				10 10 20 30	
	Низкая	Средняя	Высокая		Обеспеченность	
	< 46	46-60	>60		Низкая	
	10	10	10	Границы обеспеченности	< 45	
				Фактическое значение	10	
					Количество вносимого минерального удобрения	
65	86	86	86	1	Выщелоченный чернозем	8,6 8,6 17,2 25,8 25,8
	10	10	10		Фактическое значение	
65	84	84	84	2	Типичный чернозем	8,4 8,4 16,8 25,2 25,5
	10	10	10		Фактическое значение	
65	90	90	90	3	Обыкновенный чернозем	9 9 18 25,2 25,2

Примечание: т.к. индикатор повышения азота для всех градаций одинаков (N – 10 мг/кг почвы), то расчетная доза азотных удобрений также равна для всех степеней градации (низкой, средней, высокой)

мендуется применять дождевальную технику с параметрами дождя, обеспечивающими его полную впитываемость и равномерность полива ( $K < 0,75$ ).

#### **Литература**

1. Минеев В.Г. Агрохимия – М., Наука, 1989 г.
2. Зональные системы земледелия Челябинской области.– Челябинск, 1981 г.
3. Булгаков Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв и др.// М., 2002 г.
4. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев// М., Россельхозиздат
5. Орел А.И., Романюк В.М. и др. Почвы Воронежской области. Химия в с/х// Агрохимический вестник.- №2- 1998 г., стр. 9.

УДК 631.6

## **ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ БАЛАНСОМ МЕЛИОРИРУЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ**

**Т.А. Капустина, И.М. Аванесян, А.И. Бочкарева**  
ФГНУ ВНИИ "Радуга", Коломна, Россия

Первостепенной проблемой в развитии сельскохозяйственного производства на современном этапе является оптимизация землепользования и сохранение экологического баланса природных комплексов. Решение этой проблемы основано на принципе адаптивно-ландшафтного земледелия, в том числе и при мелиорации ландшафтов.

Эколого-экономическая эффективность мелиорируемого агроландшафта обуславливается адаптацией ко всем особенностям природного комплекса, что гарантирует как сохранение экологического равновесия природной среды, так и высокую биопродуктивность, оптимальный уровень плодородия почв, ресурсосбережение при минимизации энергозатрат.

Выбор и обоснование мелиоративного режима агроландшафта, проектирование и разработка технологических схем эксплуатации мелиоративных систем, контроль и управление ими базируются, прежде всего, на оценке потенциала природной тепло-, влагообеспеченности, закономерностях распределения ресурсов тепла и влаги по территории, их изменчивости во времени. В состав показателей входят испаряемость, атмосферные осадки, влагозапасы в почве, уровень залегания и динамика грунтовых вод. Размеры и соотношение этих показателей служат критериями агроклиматического районирования.

Показатели тепло-, влагообеспеченности не исчерпывают всего комплекса особенностей природных зон в регионе, Кроме того, каждый элемент водного и теплового баланса в отдельности недостаточно полно отражает потребность земельных угодий в орошении и других мелиоративных мероприятиях и не является критерием для агроклиматического районирования территории. В связи с этим возникает необходимость в разработке комплексного показателя, который

мог бы быть надежным параметром для мелиоративного районирования и нормирования орошения. В качестве интегрального показателя во ВНИИ «Радуга» разработан коэффициент природного увлажнения  $K_y$  [1].

Коэффициент увлажнения  $K_y$  в наибольшей мере отвечает принципам районирования, сопрягается с физико-географическими зонами, функционально связывается с параметрами орошения и показателями природной тепло- и влагообеспеченности.

Коэффициент  $K_y$  определяется за период с температурой воздуха выше  $5^\circ\text{C}$ , в который укладываются вегетационные периоды сельскохозяйственных культур. Расчет  $K_y$  ведется по зависимости

$$K_y = \frac{W_a + P}{E}, \quad (1)$$

где  $K_y$  — коэффициент природного увлажнения за период с температурой  $\geq 5^\circ\text{C}$ ;

$W_a$  — активные запасы влаги в метровом слое почвы на начало расчетного периода (дата перехода температуры воздуха через  $5^\circ\text{C}$ ), мм;

$P$  — сумма атмосферных осадков за расчетный период, мм;

$E$  — испаряемость (потенциальная эвапотранспирация) за тот же период, мм, определяется по формуле:

$$E = K_t \cdot d \cdot f(v), \quad (2)$$

где  $K_t$  — энергетический фактор испарения, мм/мб;

$d$  — дефицит влажности воздуха, мб;

$f(v)$  — ветровая функция (динамический фактор), учитывающая влияние скорости ветра на интенсивность испарения.

Активные влагозапасы  $W_a$  определяются по формуле

$$W_a = W_{нв} \cdot (\mu - \beta_0), \quad (3)$$

где  $W_{нв}$  — запасы влаги в метровом слое почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости (водоудерживающей способности), мм;

$\mu$  — коэффициент, характеризующий степень фактического насыщения почвенного слоя влагой на начало расчетного периода, в долях от  $W_{нв}$ ;

$\beta_0$  — влажность почвы, соответствующая предполивному порогу (допустимому порогу иссушения), в долях от  $W_{нв}$ .

$$\beta_0 = 0,36 + 1,48 \cdot 10^{-3} \cdot W_{нв} - 9,52 \cdot 10^{-7} \cdot W_{нв}^2. \quad (4)$$

Коэффициент  $K_y$  рассчитывается по метеорологическим данным наблюдений за период не менее 40-45 лет на репрезентативных метеостанциях региона и пограничных с ним областей, а также по справочникам агрогидрологических свойств почв исследуемых территорий. Расчеты производятся на ПК по компьютерной программе [2].

По средним многолетним значениям составляется карта изолиний  $K_y$  (рис.1), показывающая изменчивость тепло- и влагообеспеченности по терри-

тории (пример для Черноземного района Центрального Федерального Округа - ЦЧР).

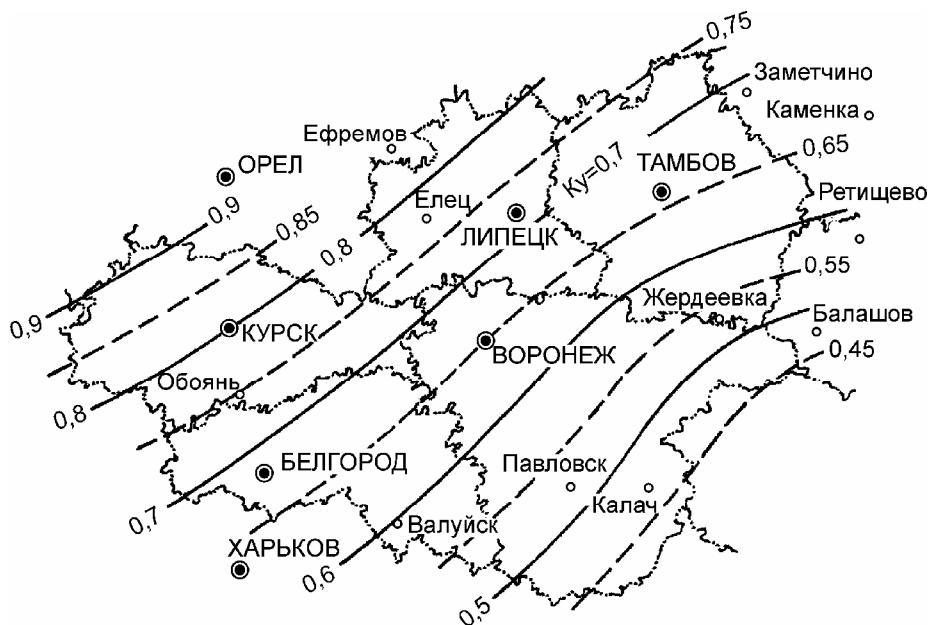


Рисунок 1 - Районирование территории ЦЧР по коэффициенту увлажнения  $K_u$  за период с температурой воздуха выше  $5^{\circ}\text{C}$

Направление изолиний  $K_u$  с северо-запада на юго-восток согласуется со сменой природных зон от лесной до степной, кроме того, соответствует направлению изменения ресурсов тепла (увеличению) и влаги (уменьшению).

Сопоставление хода изолиний  $K_u$  с границами природных зон позволило выделить на территории ЦЧР следующие агроклиматические зоны: лесная — с  $K_u > 0,8$ ; лесостепная — с  $K_u = 0,51-0,8$ ; степная — с  $K_u < 0,5$ .

На пространстве лесостепной зоны ЦЧР колебания  $K_u$  и соответственно показатели теплового режима и увлажнения территории в период с 1950 по 1975 г. формировались в сравнительно стабильных, характерных условиях зоны, в редких случаях то ниже, то выше средних значений. С середины 80-х годов наблюдалось преобладание значений  $K_u$  больше единицы, т.е. тенденция похолодания и повышенной увлажненности.

В зоне умеренно сухих степей (Жердевка, Калач) стабильно теплые и сухие погодные условия, наблюдаемые до 1975 г., за редким исключением, сменились прохладными и влажными.

Происходит изменение уровня обеспеченности растений теплом и влагой, сопровождаемое корректировкой сроков посева культур, сдвигом фаз развития и сроков проведения агротехнических мероприятий с соответствующим изменением потребности в орошении и параметров поливных режимов. Отмеченная пространственно-временная изменчивость потенциала природных ресурсов тепла и влаги, их соотношения ( $K_u$ ), а также цикличность погодных условий обуславливают необходимость их учета как при проектировании оросительных

систем, так и в процессе эксплуатации, что обеспечит рациональное водопользование и повышение продуктивности культур при орошении.

Коэффициенты  $K_y$  полиномами связи сопрягаются с параметрами водного и теплового балансов и параметрами орошения: испаряемостью, осадками, суммарным водопотреблением сельскохозяйственных культур, дефицитами водопотребления (оросительными нормами) и другими показателями. Уравнения связи испаряемости и атмосферных осадков с  $K_y$  приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Уравнения связи испаряемости  $E$  (мм) и  $K_y$  (средней многолетней)

Влажный	5%	$E_{5\%} = 626 - 400K_y + 95K_y^2$
Средневлажный	25%	$E_{25\%} = 825 - 586K_y + 132K_y^2$
Средний	50%	$E_{50\%} = 1058 - 959K_y + 330K_y^2$
Среднесухой	75%	$E_{75\%} = 1366 - 1535K_y + 674K_y^2$
Сухой	85%	$E_{85\%} = 1551 - 1896K_y + 893K_y^2$
Острозасушливый	95%	$E_{95\%} = 1853 - 2484K_y + 1242K_y^2$

Таблица 2 - Уравнения связи осадков  $P$  (мм) и  $K_y$  (средних многолетних)

Очень влажный	5%	$P_{5\%} = 20,39 K_y^2 + 255,85K_y + 308,34$
Влажный	15%	$P_{25\%} = 101,46 K_y^2 + 159,91K_y + 286,38$
Средневлажный	25%	$P_{50\%} = 140,58 K_y^2 + 107,17K_y + 271,75$
Средний	50%	$P_{75\%} = 151,6 K_y^2 + 73,7K_y + 228,06$
Среднесухой	75%	$P_{85\%} = 70,0 K_y^2 + 140,2K_y + 163$
Острозасушливый	95%	$P_{95\%} = 3,7 K_y^2 + 188,9K_y + 95$

По этим уравнениям в любой по влажности год в точке с соответствующим  $K_y$  определяются величины испаряемости и атмосферных осадков за теплый период года, т.е. за период с температурой воздуха выше  $5^\circ\text{C}$ .

Районирование территории ЦЧР по коэффициенту увлажнения  $K_y$  и выделенные на его основе агроклиматические зоны позволяют установить и дифференцировать в последующих расчетах параметры орошения: суммарное водопотребление, оросительные нормы, поливные режимы.

Для решения проблемы устойчивости адаптивно-ландшафтной системы земледелия не менее важно было исследовать степень и тенденции изменения природно-климатических показателей, главным образом коэффициента  $K_y$ , объективно определяющих нелинейный характер развития сельскохозяйственного производства, особенно с применением мелиораций. Проблема обострилась изменением общей климатической ситуации второй половины XX века, причина которых рядом ученых объясняется антропогенным воздействием на природную среду.

Очевидно, что изменения климата серьезно влияют на хозяйственную деятельность человека в самых разных областях, от сельского хозяйства до энергетики. Чтобы сделать прогноз возможных последствий, нужно в первую очередь располагать точной и надежной информацией.

Для предварительной и в определенной степени приближенной оценки изменений климатических показателей: температур воздуха и осадков на территории ЦЧР, проведены расчеты по данным наблюдений на метеостанциях региона за 60 лет. Используются среднемесячные температуры воздуха и суммы осадков за период с апреля по октябрь каждого года (1945-2003 гг.). Для примера приведены результаты по метеостанциям Воронеж (лесостепь) и Калач (умеренно сухая степь).

Применены интегральный метод динамического моделирования исходных показателей и математический метод – ряды Фурье.

Результаты расчетов выявили наличие циклов потепления и похолодания на графиках температур воздуха, а также циклов увлажнения, сменяющихся циклами засушливости при снижении уровня осадков (рис. 2,3,4).

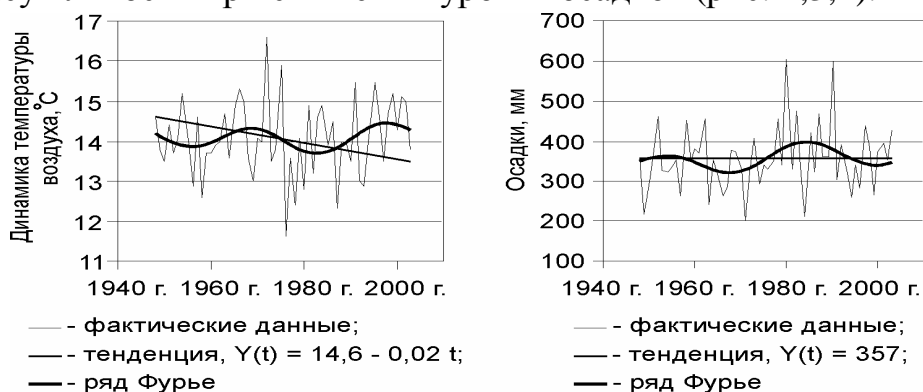


Рисунок 2 - Динамика температур воздуха ( $^{\circ}$  C) и сумм осадков (P) средних за период апрель-октябрь каждого года (метеостанция Воронеж), мм

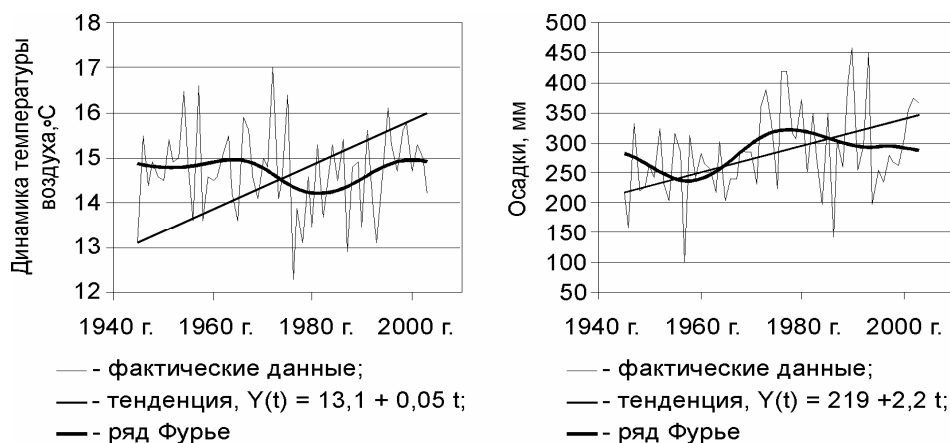


Рисунок 3 - Динамика температур воздуха ( $^{\circ}$  C) и сумм осадков (P), средних за период апрель-октябрь каждого года (метеостанция Калач), мм



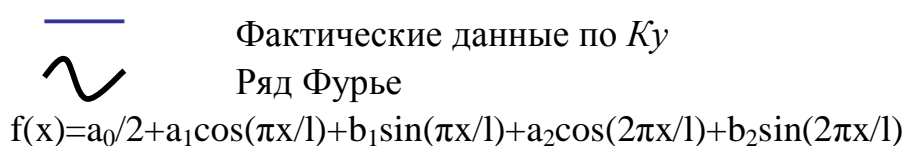
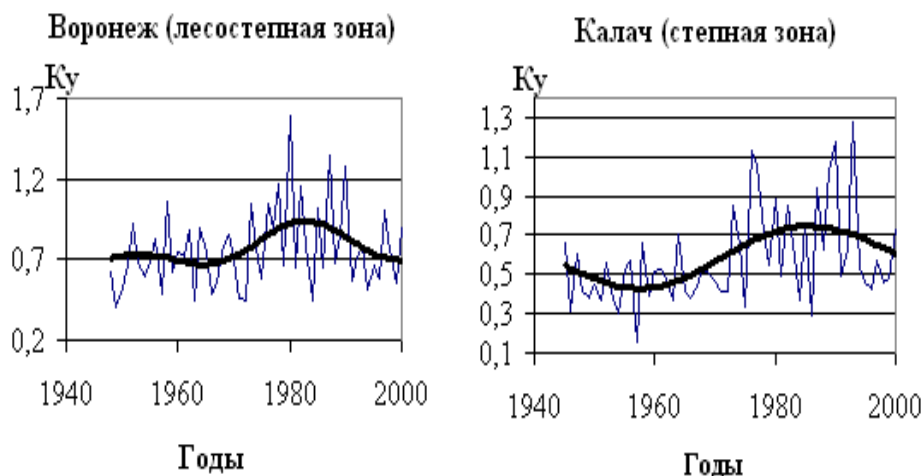


Рисунок 4 - Изменчивость коэффициента тепло-, влагообеспеченности  $K_u$  за многолетний период

В последние 56 лет (1948-2003 гг.) на метеостанции Воронеж средняя температура воздуха за теплый период (с апреля по октябрь) составила  $14,1^{\circ}\text{C}$  с колебаниями от  $11,6$  до  $16,6^{\circ}\text{C}$ , а сумма осадков теплого периода в среднем была равна  $357$  мм с колебаниями от  $200$  до  $600$  мм.

По метеостанции Калач, т. е. в зоне умеренно сухой степи, прослеживается тенденция повышения температуры воздуха с ускорением  $+0,05^{\circ}\text{C}$  за последние 59 лет, а по осадкам — с ускорением  $+2,08$  мм в год. Средняя температура воздуха за этот период равнялась  $14,7^{\circ}\text{C}$  с колебаниями от  $13,1$  до  $17^{\circ}\text{C}$ , а средняя сумма осадков —  $285$  мм с колебаниями от  $100$  мм до  $457$  мм. Каждый градус повышения средней за теплый период года температуры воздуха сопровождается увеличением осадков на  $42$  мм, что улучшает погодные условия, однако не приводит к достаточной влагообеспеченности для роста и развития возделываемых культурных растений.

Графики динамики климатических показателей иллюстрируют цикличность процесса не только по суммам за апрель-октябрь, но и по каждому месяцу отдельно. При этом темпы изменения и направленность развития процессов неодинаковы по месяцам. Наибольшая интенсивность процесса наблюдалась в весенние и осенние месяцы при частой смене направления изменчивости.

Сельское хозяйство в большей степени, чем какая-либо другая отрасль экономики, зависит от внешних факторов, прежде всего от природно-климатических условий, воздействие природных циклов изменчивости кото-

рых обуславливает нелинейность развития сельскохозяйственного производства.

Поддерживая выводы ряда исследований и практических работ, считаем, что для решения проблемы устойчивости адаптивно-ландшафтной системы земледелия с применением мелиораций, в частности орошения, следует разработать «набор эффективных управляющих воздействий», максимально нейтрализующих отклонения от норм в циклах динамики природных условий. Для этого необходимо установить объективные изменения природных факторов и иметь возможность надежного прогнозирования экономических потерь.

Таким образом, устойчивое развитие агроландшафта возможно на основе дифференциации производственных циклов земледелия в соответствии с биоклиматическими природными циклами и применением комплекса мелиоративных мероприятий.

### **Литература**

1. Справочник под редакцией Б.Б. Шумакова. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение. Изд-во «Колос».М., 1999
2. Компьютерная программа, разработанная во ВНИИ «Радуга», «Расчет параметров режимов орошения сельскохозяйственных культур». Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ (№2004610996) РОСК.xls. 2004г. Москва.
3. Научно-методическое обоснование нормирования водопотребления, планирования орошения, регулирования уровня плодородия почв на основе информационной технологии для предотвращения экологического дисбаланса. Рекомендации. Типограф.ФГНУ «Росинформагротех».М., 2006.

УДК 631.347.1

## **ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА ШЛАНГОВОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ САДОВО-ОГОРОДНЫХ И ПРИУСАДЕБНЫХ УЧАСТКОВ**

**В.В. Каштанов**

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

Сельские товаропроизводители предъявляют следующие требования к качеству полива дождеванием: обеспечение необходимой глубины увлажнения почвы; получение высокой равномерности распределения воды под культурой; сохранение комковатости структуры почвы после полива (отсутствие почвенной корки); недопустимость механического повреждения орошаемой культуры дождём и конструкцией технического средства. Поэтому при использовании любого способа полива, в том числе дождевания, определяющими факторами должны являться возможность обеспечивать в полной мере потребности сель-

скохозяйственной культуры в воде и учёт водно-физических свойств почвы, на которой она произрастает. Одними из главных факторов при выборе способа и техники полива являются биологические. К ним относятся: продолжительность вегетационного периода; потребность культуры в воде, определяющая величину оросительной нормы; особенности развития надземной и корневой части растений.

В таблицах 1 и 2 представлены зависимости оросительных и поливных норм, а также числа поливов основных видов культур, выращиваемых на садово-огородных и приусадебных участках, от глубины активного корнеобитаемого слоя почвы и её механического состава.

Анализ табличных данных показывает, что при орошении дождеванием величина оросительных и поливных норм, а также количество поливов изменяется: на легких почвах поливные нормы меньше, а число поливов больше, на тяжелых – наоборот. Так, в условиях Московской области, для плодово-ягодных культур (табл.1) поливные нормы изменяются от 200 м<sup>3</sup>/га до 600 м<sup>3</sup>/га, а количество поливов – от 2 до 9; для различных овощных культур (таблица 2) поливные нормы изменяются от 150 м<sup>3</sup>/га до 300 м<sup>3</sup>/га, а количество поливов – от 3 до 9.

Практика применения орошения дождеванием показывает, что наиболее эффективными являются частые поливы с небольшими поливными нормами. Это объясняется тем, что такие режимы орошения формируют неглубокую, но очень развитую горизонтально корневую систему растений, выращиваемых на приусадебных и садово-огородных участках. Полив высококачественным искусственным дождем, кроме обеспечения растений необходимым количеством воды, формирует необходимую корневую систему и повышает урожайность выращиваемых культур.

При дождевании агрономически наиболее ценными являются почвенные агрегаты размерами от 10 до 0,25 мм. Но во время полива количество крупных частиц уменьшается, а количество мелких и пылевидных фракций с размерами 0,5...0,25 мм увеличивается. Этот процесс происходит наиболее активно в верхнем горизонте почвы (0...5 см). В дальнейшем уменьшение размеров почвенных агрегатов ведет к заиливанию и образованию поверхностного стока.

Такие изменения агрегатного состояния почвы связаны с правильностью выбора характеристик искусственного дождя – интенсивностью и крупностью (диаметром) капель.

Положительный эффект от полива дождеванием достигается при условии, что интенсивность дождя, образуемого дождевальными установками, не превышает (близка по значению) скорости впитывания (скорости инфильтрации) воды в почву, а крупность капель оптимальна. При этом условии интенсивность дождя является допустимой, а поливная норма или слой осадков достаточными.

Таблица 1 - Нормы водопотребления для плодово-ягодных культур при орошении дождеванием в условиях Московской области

Культура	Глубина активного корнеобитаемого слоя почвы, см	Механический состав почвы	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Поливная норма при предполивной влажности 80%, м <sup>3</sup> /га	Число поливов за сезон
Яблони	20 - 80	Супесь	1400	300	4 – 5
		Легкий суглинок		400	3 – 4
		Средний суглинок		500	2 – 3
		Тяжелый суглинок, глина		600	2 - 3
Смородина	30 - 40	Супесь	1900	200	8 – 9
		Легкий суглинок		200	-
		Средний суглинок		250	7 – 8
		Тяжелый суглинок, глина		300	6 - 7
Крыжовник	30 - 40	Супесь	1200	200	5 – 6
		Легкий суглинок		200	5 - 6
		Средний суглинок		250	4 – 5
		Тяжелый суглинок, глина		300	3 – 4
Вишня	30 - 40	Супесь	1000	200	4 – 5
		Легкий суглинок		200	4 - 5
		Средний суглинок		250	3 - 4
		Тяжелый суглинок, глина		300	3 – 4
Груша	20 - 50	Супесь	1250	200	6 – 7
		Легкий суглинок		300	4 – 5
		Средний суглинок		300	4 – 5
		Тяжелый суглинок, глина		400	3 - 4
Слива	20 - 30	Супесь	1250	150	8 – 9
		Легкий суглинок		200	6 – 7
		Средний суглинок		200	6 – 7
		Тяжелый суглинок, глина		250	5 - 6
Земляника, малина	20 - 30	Супесь	1170	150	7 – 8
		Легкий суглинок		200	5 – 6
		Средний суглинок		200	5 – 6
		Тяжелый суглинок, глина		250	4 - 5

Таблица 2 - Нормы водопотребления для различных овощных культур при орошении дождеванием в условиях Московской области

Культуры	Глубина активного корнеобитаемого слоя почвы, см	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Число поливов за сезон
Капуста ранняя	0 - 30	1100-1300	150-250	6 – 7
Капуста среднеспелая	0 - 35	1500-2000	150-250	7 – 8
Капуста поздняя	0 - 35	1500-2200	150-250	7 – 9
Цветная капуста	0 - 35	1000-1500	150-200	7 – 8
Огурцы	0 - 30	1200-1400	150-200	7 – 8
Томаты	0 - 30	1000-1200	150-200	5 – 6
Картофель	0 - 35	800-1000	200-300	3 - 4
Травяная смесь	0 - 30	1000-1500	250-400	4 - 5
Морковь	0 - 30	1000-1200	200-300	3 – 4
Свекла столовая	0 - 30	1000-1200	200-300	3 – 4
Лук на репку	0 - 35	800-1000	150-250	4 - 5
Зеленные культуры	0 - 30	500-700	150-200	3 – 4

Эмпирическая зависимость величины досточкового слоя осадков  $h$  (в мм), впитывающегося в почву до появления луж, от интенсивности искусственного дождя  $i$  (в мм/мин) и диаметра капель  $d$  (в мм) имеет вид:

$$h = \frac{P}{\sqrt{i}} e^{-0,5d}, \quad (1),$$

где  $P$  – показатель безнапорной водопроницаемости данного типа почвы при дождевании;  $e$  – основание натурального логарифма.

При дождевании экологически безопасным технологическим слоем осадков искусственного дождя (нормой полива) является слой осадков, не превышающий досточкового или эрозийно-допустимого. Для каждого типа почвы он характеризуется допустимой средней интенсивностью дождя  $i_{\text{доп}}$  и средним диаметром капель  $d_{\text{ср}}$ . В соответствии с агротехническими требованиями к дождевальной технике средний диаметр капель не должен превышать 1,0 мм. Тогда, при требуемых поливных нормах от 150 м<sup>3</sup>/га до 600 м<sup>3</sup>/га, допустимая интенсивность дождя для основных типов почв с  $P = 20 \dots 120$ , будет иметь значения, указанные в таблице 3.

Показатель  $P$  является специфической характеристикой почв и позволяет следующим образом классифицировать их по водопроницаемости:  $P < 10 \dots 20$

– очень низкая (тяжелый суглинок, глина);  $P = 10 \dots 30$  – низкая (средний суглинок);  $P = 31 \dots 60$  – средняя (легкий суглинок);  $P = 60 \dots 90$  – высокая (супесь);  $P > 90$  – очень высокая (песок). Средняя интенсивность дождя  $i_{cp}$  является обобщающим количественным показателем дождевания и отражает «дождевую нагрузку» на орошаемую площадь, определяя среднюю плотность выпадения осадков за все время полива. Для установки позиционного действия с вращающимися дождевальными крыльями, этот относительный показатель определяется выражением:

$$i_{cp} = h / t \text{ (мм/мин)}, \quad (2),$$

где  $h$  – слой осадков за один оборот установки, мм;  $t$  – время одного оборота установки, мин.

Таблица 3 - Допустимая интенсивность дождя для основных типов почв при среднем диаметре капель 1,0 мм

Значение безнапорной водопроницаемости почвы при дождевании $P$	Требуемый слой осадков, мм									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20	0,65	0,37	0,23	0,16	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
30	1,47	0,83	0,53	0,37	0,27	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09
40	2,62	1,47	0,94	0,65	0,48	0,37	0,29	0,23	0,19	0,16
50	>3,0	2,30	1,47	1,02	0,75	0,57	0,45	0,37	0,30	0,25
60	>3,0	>3,0	2,12	1,47	1,08	0,83	0,65	0,53	0,44	0,37
70	>3,0	>3,0	2,88	2,00	1,47	1,13	0,89	0,72	0,59	0,50
80	>3,0	>3,0	>3,0	2,62	1,92	1,47	1,16	0,94	0,78	0,65
90	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	2,43	1,86	1,47	1,19	0,98	0,83
100	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	3,00	2,30	1,82	1,47	1,22	1,02
120	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	>3,0	2,62	2,12	1,75	1,47

Слой осадков за один оборот установки определяется по формуле:

$$h = 60 Q / \pi R^2 n \text{ (мм)}, \quad (3),$$

где R- радиус орошения установки, м; n- число оборотов установки в минуту; Q – расход воды установкой, л/с.

Продолжительность одного оборота дождевальной установки  $t = 1/n$ , тогда средняя интенсивность дождя:

$$i_{\text{ср}} = 60 Q / \pi R^2 . \quad (4).$$

Средняя интенсивность дождя для установки позиционного действия с вращающимися крыльями (типа ДШ-0,6П; рис. 1) не зависит от числа оборотов крыльев и определяется расходом воды и площадью орошения. Поэтому именно средняя интенсивность дождя должна сравниваться с водопроницаемостью почвы, соответствовать её агроэкологическим характеристикам и являться критерием при выборе типа дождевальной техники.

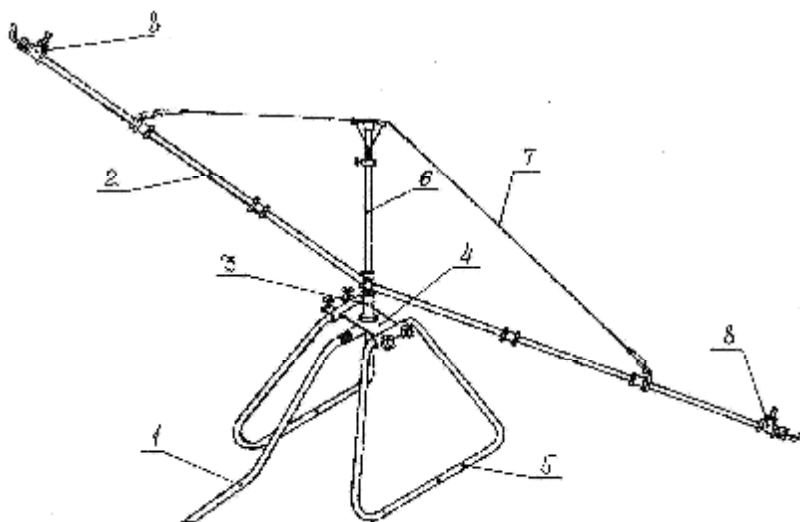


Рисунок 1 - Общий вид дождевальной установки позиционного действия с вращающимися крыльями ДШ-0,6П:

1 – питающий шланг; 2 – водопроводящее звено; 3 – узел вращения; 4 – платформа; 5 – лыжная опора; 6 – стояк; 7 – регулируемые растяжки; 8 – пакет дождевальных насадок секторного действия

Увеличение средней интенсивности дождя с целью повышения производительности дождевальных установок возможно лишь до некоторого предела, при котором дождь начинает повреждать растения и сильно уплотняет почву. Поэтому наряду с учетом типа почвы, вида орошаемой культуры, задаваемых поливных норм, необходимо учитывать связанный с интенсивностью размер капель искусственного дождя ( $d_{\text{ср}}$ ). Зависимость интенсивности дождя от крупности капель показана на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, дождь со средними диаметрами капель от 0,4 до 1,0 мм позволяет производить полив на основных ( $P = 20 \dots 70$ ) типах почвы с повышенной интенсивностью или большими поливными нормами, что

в свою очередь дает возможность сократить число поливов и добиться максимальной производительности дождевальных установок позиционного действия.

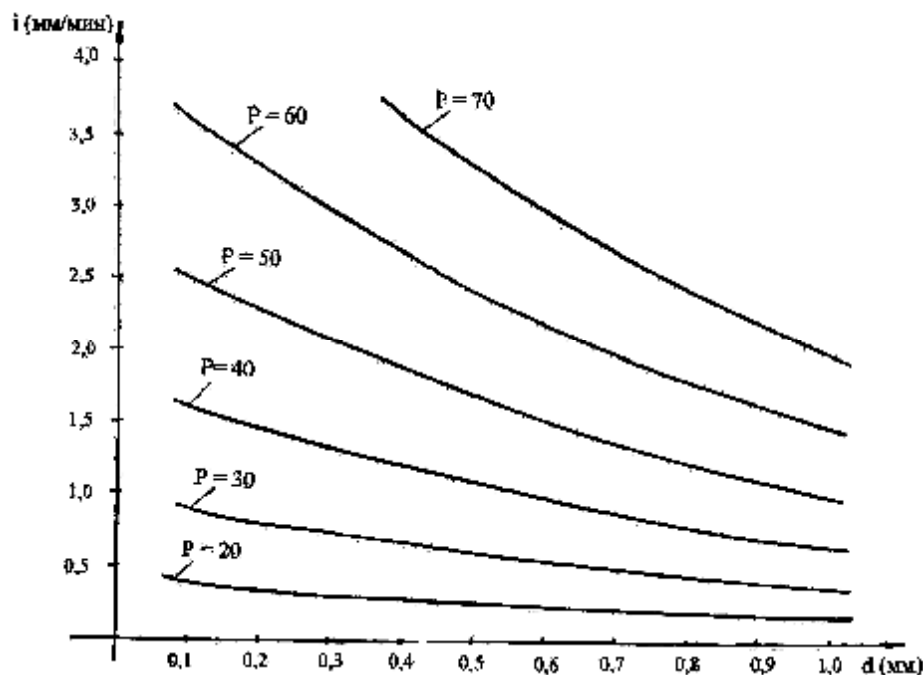


Рисунок 2 - Зависимость средней интенсивности искусственного дождя от среднего диаметра капель (до 1,0 мм) при норме полива 300 м<sup>3</sup>/га для различных типов почв

Для оценки допустимого динамического воздействия падающего дождя может быть использовано определение силы удара капель о почву, рассчитываемой по формуле:

$$F = \frac{0,5d_k^3 \cdot r \cdot v}{t}, \quad (5),$$

где  $F$  – сила удара капли дождя о почву, Н;  $v$  – скорость падения капли дождя, м/с;  $t$  – время взаимодействия капли с почвой, с;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $d_k$  – средний диаметр капли, м

При работе дождевальной техники на орошаемую площадь одновременно выпадают капли различного размера и с разной высоты. Из всего спектра капель наименьшую конечную скорость падения 4...5 м/с имеют капли размером до 1,0 мм при высоте падения 1,0...1,5 м. Следовательно, при оценке капельно-ударного воздействия искусственного дождя на почву, критерием его качества может служить процентное содержание в нем капель размерами до 1,0 мм или средний диаметр капель.

Высота, с которой падает основная масса капель, определяется конструктивными параметрами дождевальной машины или установки и углом вылета факела дождя по отношению к горизонту. Если высота, на которой вертикальная составляющая скорости движения капель равна нулю, составляет 1,0...1,5



м, то динамическое воздействие капель на почву будет оптимальным, а полив – экологически безопасным. Эти показатели накладывают определенные ограничения на конструктивные размеры установок позиционного действия, аналогичных ДШ-0,6П, а также на выбор типа дождеобразующих устройств и схем их расстановки.

Определяющим показателем качества полива дождевальной установки, наряду с выше отмеченными, является равномерность распределения искусственного дождя по орошаемой площади, которая в свою очередь связана со схемами размещения питающих гидрантов и трубопроводов. Для дождевальных установок кругового действия получили распространение три схемы размещения гидрантов и трубопроводов: «треугольная», «квадратная», и «прямоугольная».

Выбор расстояний между гидрантами для дождевальной установки  $l_r$  (по линии трубопроводов) и между трубопроводами  $l_r$  определяется на основании геометрического минимума перекрытия площадей, которые орошаются дождевальной установкой с соседних позиций, в зависимости от величины радиуса орошения установки  $R_{op}$ . Показателем минимума площади перекрытия является отношение площади перекрытия дождем  $S_{п}$ , приходящейся на одну позицию установки, к площади орошения установки на одной позиции с учетом перекрытия  $S_o$ .

Очевидно величина  $S_{п}$  равна:

$$S_{п} = S_k - S_o, \quad (6),$$

где  $S_k$  – площадь, орошаемая установкой с одной позиции без учета перекрытия,  $m^2$ .

Величина  $S_k$  для дождевальной установки равна:

$$S_k = \pi R_{op}^2.$$

Если размещение позиций установки осуществляется по вершинам равностороннего треугольника, то расстояния  $l_r$  и  $l_r$  будут равны соответственно:

$$l_r = 2R_{op} \cos 30^\circ = 1,73R_{op} \quad (7),$$

$$l_r = (1 + \sin 30^\circ)R_{op} = 1,5R_{op} \quad (8).$$

Для квадратной схемы расстановки:

$$l_r = l_r = 2R_{op} \cos 45^\circ = 1,42R_{op} \quad (9).$$

Величина площади орошения с учетом перекрытия для «треугольной» и «квадратной» схем соответственно равны:

$$S_o = \frac{3\sqrt{3}R_{op}^2}{2} = 2,62R_{op}^2 \quad (10),$$

$$S_o = \sqrt{2} \cdot R_{op} \cdot \sqrt{2} \cdot R_{op} = 2R_{op}^2 \quad (11).$$

Согласно формуле (6), площадь перекрытия  $S_{п}$  для треугольной схемы равна  $0,54 R_{op}^2$ , а для квадратной –  $1,14 R_{op}^2$ , а показатель минимума площади перекрытия для треугольной схемы равен 0,21, для квадратной – 0,57.

Расчеты показывают, что «треугольная» схема расположения позиций установки обеспечивает более равномерный полив, чем «квадратная». При «треугольной» схеме расположения гидрантов и трубопроводов коэффициент равномерности искусственного дождя на 7...20% выше, чем при «квадратной». Кроме того, при размещении позиций по «треугольной» схеме значительно уменьшается средняя интенсивность искусственного дождя (до 30%), что следует использовать при орошении участков, расположенных на тяжелых почвах или склонах, для предотвращения стока воды и эрозионных процессов.

В дополнение к этому, экономическая целесообразность применения «треугольной» схемы обусловлена увеличением площади полива с учетом перекрытия на 30% по сравнению с «квадратной», за счет увеличения расстояния между гидрантами – на 21,8%, а между трубопроводами – на 5,6%.

На рисунке 3 представлена технологическая схема работы и размещения позиций дождевальной установки ДШ-0,6П «по треугольнику», как наиболее

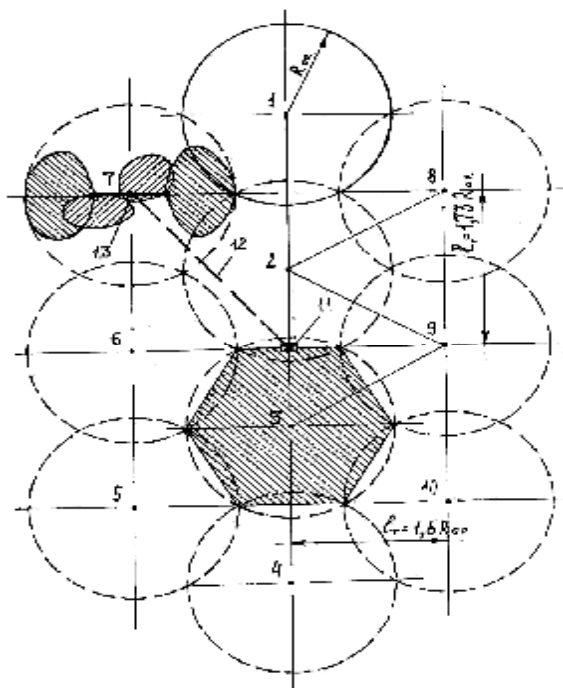


Рисунок 3 - Технологическая схема работы и размещения позиций дождевальной установки позиционного действия:  
 1...10 – номера позиций; 11 – гидрант оросительной сети;  
 12 – питающий шланг; 13 – дождевальная установка

эффективной по сравнению с существующими. Как следует из рисунка 3, максимальное количество рабочих позиций установки (перестановок) без отключения от гидранта равно 10. Длина питающего шланга с учетом клиренса установки и неровностей рельефа составляет около 25,0 м. Такая технологическая схема для полива позволяет, с учетом перекрытия, эффективно орошать на одной позиции площадь  $S_0 = 201,3 \text{ м}^2$ . Общая площадь, орошаемая установкой по рекомендуемой технологической схеме, с питанием от одного гидранта и за-

данной поливной нормой, составляет более 2000 м<sup>2</sup>. Исходя из приведенных обоснований, при конструктивной длине крыла установки 3,0 м и среднем радиусе действия концевой насадки 5,8 м, радиус орошения установки R<sub>ор</sub> составляет 8,8 м. Используя формулы (7, 8), значения I<sub>г</sub> и I<sub>т</sub> равны:

$$I_{г} = 1,73 R_{ор} = 1,73 * 8,8 = 15,2 \text{ м};$$

$$I_{т} = 1,5 R_{ор} = 1,5 * 8,8 = 13,2 \text{ м}.$$

УДК 626.165:626.81/84

## **ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ПРИ ОПРЕСНЕНИИ**

**И.И. Конторович**

Волгоградский КО ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Наиболее кардинальным решением проблемы утилизации минерализованных вод является их опреснение с последующим использованием пресной воды и рассолов (солей) в различных отраслях экономики. К настоящему времени накоплен значительный опыт опреснения воды для нужд коммунального, промышленного водоснабжения и энергетики. В меньшей степени опреснение воды используют в качестве природоохранного мероприятия для предупреждения загрязнения водных объектов, вызываемого поступлением в них минерализованных стоков различного происхождения.

Характеристики опреснённой воды, определяющие её качество, в значительной степени зависят от свойств опресняемой воды, физического эффекта, положенного в основу способа опреснения, и степени технического совершенства технологического оборудования. Полученные ранее результаты исследований изменения состава воды в процессе опреснения приведены в работах Дарымовой Г.Н., Каминского В.С., Колодина В.М., Рахманина Ю.А., Санина М.В., Эльпинера Л.И., Карелина Ф.Н. [1 – 5 и др.] и могут быть сведены к следующему:

- опреснение воды обеспечивает требуемое снижение концентрации солей и сопровождается изменением солевого, микроэлементного состава воды и её биологических, микробиологических и органолептических свойств, температуры и коррозионной активности;
- опреснённая вода без дополнительной обработки (кондиционирования) в большинстве случаев не может быть использована потребителем, преимущественно в качестве питьевой воды.

Указанные выше выводы базировались на анализе достаточно ограниченного числа химических анализов воды для каждого способа опреснения: дистилляции (Д), электродиализа (ЭД), обратного осмоса (ОО), гелиоопреснения (ГО), ионного обмена (ИО), промышленного вымораживания с использованием искусственного холода (В<sub>п</sub>р).

С появлением нового способа опреснения - естественного вымораживания с использованием факельного льдообразования (способ зимнего дождевания – синоним, В<sub>зд</sub>) [6, 7], появилась необходимость выполнения оценки его эффек-

тивности по сравнению с другими способами, в том числе и по вопросу изменения химического состава воды. С другой стороны, учитывая актуальность решения проблемы утилизации минерализованного дренажного стока и очевидную целесообразность выполнения данного процесса в пределах гидрометрических систем, существует потребность оценки качества опреснённой воды для целей орошения, исходя из современных требований. При этом введём ограничение: экономический аспект использования опреснённой воды для орошения в рамках данной статьи не рассматривается.

Исходные для последующего анализа данные о составе опресняемой и опреснённой воды приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Минерализация, химический состав и тип воды при опреснении различными способами (48 анализов) [1 - 8]

Формулы Курлова:	
Исходная вода	Опреснённая вода
<b>Способ опреснения: дистилляция</b>	
$M_{4,6-15,2} \frac{Cl_{161,7} - 70,7SO_4_{28,2} - 33,7HCO_3_{1,1} - 4,6CO_3_{0,8}}{(Na + K)_{64,4} - 65,0Mg_{27,0} - 27,6Ca_{7,5} - 14,6}$ хлористо-натриевая (3)*	$M_{0,09} \frac{SO_4_{81,1} - 84,6Cl_{7,7} - 10,4HCO_3_{7,7} - 8,5}}{Mg_{57,1} - 61,7(Na + K)_{35,8} - 42,2Ca_{0} - 7,1}$ сульфатно-магниевая (3)
<b>Способ опреснения: электролиз</b>	
$M_{4,6-16,1} \frac{Cl_{33,4} - 86,3SO_4_{13,0} - 62,0HCO_3_{0,7} - 11,1}}{(Na + K)_{43,1} - 76,1Mg_{2,9} - 37,8Ca_{13,0} - 21,0}$ сульфатно-натриевая (1), хлористо-натриевая (3)	$M_{0,5-1,6} \frac{Cl_{27,4} - 85,4SO_4_{3,5} - 62,4HCO_3_{8,9} - 11,1}}{(Na + K)_{26,0} - 90,3Ca_{6,0} - 38,6, Mg_{3,7} - 36,2}$ сульфатно-натриевая (2), хлористо-натриевая (1), хлористо-кальциевая (1)
<b>Способ опреснения: обратный осмос</b>	
$M_{1,7-8,1} \frac{Cl_{13,1} - 88,4SO_4_{11,0} - 81,5HCO_3_{0,6} - 26,6CO_3_{0} - 0,5}}{(Na + K)_{9,6} - 62,8Ca_{18,0} - 57,1Mg_{12,1} - 42,3}$ хлористо-натриевая (4), сульфатно-натриевая (2), сульфатно-кальциевая (2), сульфатно-магниевая (1)	$M_{0,1-1,2} \frac{Cl_{20,6} - 95,9SO_4_{1,7} - 55,4HCO_3_{0} - 33,1}}{(Na + K)_{29,4} - 86,8Mg_{6,2} - 42,4Ca_{6,6} - 37,2}$ хлористо-натриевая (6), хлористо-магниевая (1), сульфатно-кальциевая (1), сульфатно-натриевая (1)
<b>Способ опреснения: гелиоопреснение</b>	
$M_{4,6} \frac{Cl_{161,7}SO_4_{33,7}HCO_3_{4,6}}{(Na + K)_{64,2}Mg_{21,1}Ca_{14,7}}$ хлористо-натриевая (1)	$M_{0,1} \frac{HCO_3_{64,9}Cl_{27,5}SO_4_{7,6}}{Mg_{45,0}(Na + K)_{36,4}Ca_{18,6}}$ гидрокарбонатно-магниевая (1)
<b>Способ опреснения: ионный обмен</b>	
$M_{11,4} \frac{Cl_{63,2}SO_4_{28,0}HCO_3_{8,8}}{(Na + K)_{72,3}Ca_{15,2}Mg_{12,5}}$ хлористо-натриевая (1)	$M_{1,28} \frac{HCO_3_{54,7}Cl_{39,8}SO_4_{5,5}}{(Na + K)_{85,6}Ca_{11,2}Mg_{3,2}}$ гидрокарбонатно-натриевая (1)
<b>Способ опреснения: вымораживание промышленное</b>	
$M_{4,6-14,9} \frac{Cl_{161,7} - 75,3SO_4_{23,3} - 33,7HCO_3_{1,1} - 4,6}}{(Na + K)_{58,9} - 64,6Mg_{21,1} - 32,6Ca_{7,6} - 17,7}$ хлористо-натриевая (4)	$M_{0,67-1,38} \frac{Cl_{153,7} - 60,6SO_4_{33,6} - 36,1HCO_3_{5,8} - 8,6}}{(Na + K)_{60,7} - 71,7Mg_{19,3} - 23,4Ca_{9} - 15,9}$ хлористо-натриевая (4)
<b>Способ опреснения: вымораживание с использованием зимнего дождевания</b>	
$M_{5,8} \frac{SO_4_{21,9} - 84,3Cl_{13,5} - 66,8HCO_3_{2,2} - 11,3}}{(Na + K)_{75,2} - 83,3Mg_{4,6} - 17,2Ca_{7,6} - 12,1}$ сульфатно-натриевая (1), хлористо-натриевая (1)	$M_{0,46-0,58} \frac{SO_4_{19,8} - 80,4Cl_{14,4} - 64,0HCO_3_{5,3} - 16,2}}{(Na + K)_{33,0} - 79,3Mg_{6,0} - 46,5Ca_{14,7} - 20,5}$ сульфатно-натриевая (1), хлористо-магниевая (1)

Примечание: 1. В формулах Курлова  $M$  – минерализация воды (г/л), после символа химического элемента приведён диапазон изменения его концентрации (%-экв); 2. \* - число в скобках (3): количество анализов воды данного типа.

Обработка химических анализов опресняемых и опресненных вод, общая характеристика которых представлена в таблице 1, позволила оценить степень снижения минерализации и концентрации основных ионов в процессе их деминерализации различными способами – рисунок 1, таблица 2.

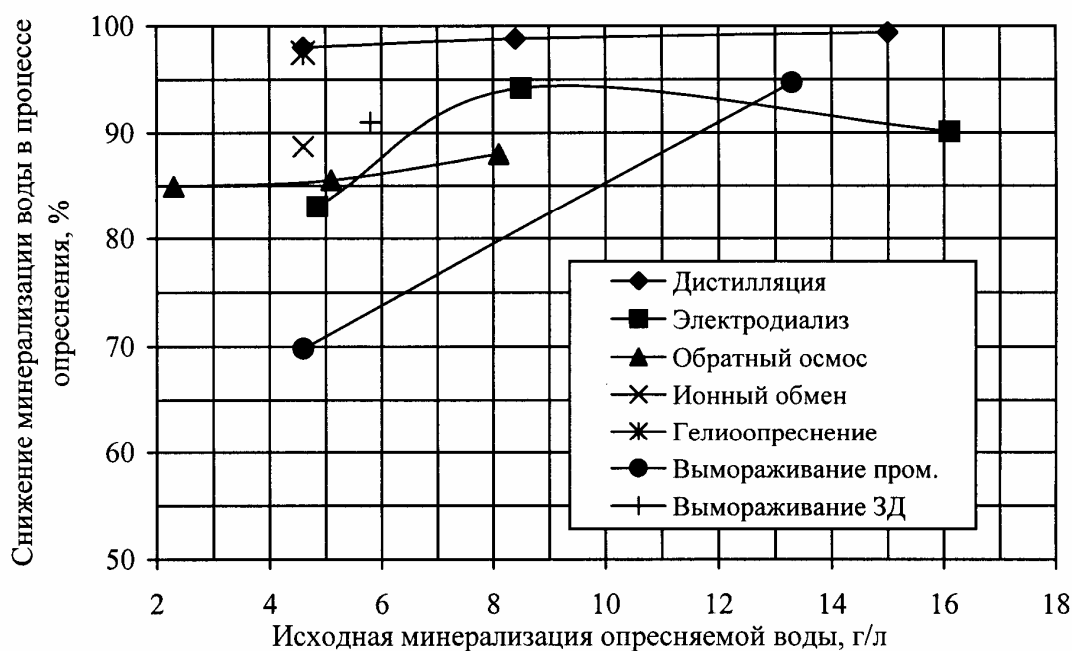


Рисунок 1 - Снижение минерализации воды в процессе опреснения различными способами

Таблица 2 - Удаление ингредиентов при опреснении воды различными способами (средние значения в интервале варьирования исходной минерализации – таблица 1)

Способ опреснения воды	Снижение минерализации (М) и доля удаления i-го иона в процессе опреснения по отношению к исходным значениям, %						
	М	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Сl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>
Дистилляция	98,8	96,4	99,2	95,2	99,8	96,8	99,2
Гелиоопреснение	97,5	79,4	99,4	100,0	94,1	90,1	97,4
Электродиализ	85,7	58,8	88,8	78,8	85,8	79,3	83,4
Обратный осмос	85,0	79,7	65,6	88,1	88,3	84,1	62,6
Ионный обмен	88,7	39,8	93,8	98,1	92,8	97,5	88,6
Вымораживание (пром.)	82,2	65,0	83,2	81,4	80,9	81,6	82,2
Вымораживание (ЗД)	91,0	83,3	90,7	91,4	81,2	80,6	91,0

Материалы таблицы 2 позволяют ранжировать способы опреснения воды по эффективности солеудаления следующим образом:

- 1) снижение минерализации воды: Д, ГО, В<sub>зд</sub>, ИО, ЭД, ОО, В<sub>пр</sub>;
- 2) удаление НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>: Д, В<sub>зд</sub>, ОО, ГО, В<sub>пр</sub>, ЭД, ИО;
- 3) удаление Сl<sup>-</sup>: ГО, Д, ИО, В<sub>зд</sub>; ЭД, В<sub>пр</sub>; ОО;
- 4) удаление SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: ГО, ИО, Д, В<sub>зд</sub>, ОО, В<sub>пр</sub>; ЭД;

- 5) удаление  $\text{Ca}^{2+}$ : Д, ГО, ИО, ОО, ЭД, В<sub>зд</sub>; В<sub>пр</sub>;
- 6) удаление  $\text{Mg}^{2+}$ : ИО, Д, ГО, ОО, В<sub>пр</sub>; В<sub>зд</sub>; ЭД;
- 7) удаление натрия и калия: Д, ГО, В<sub>зд</sub>, ИО, ЭД, В<sub>пр</sub>, ОО.

В таблице 3 приведена оценка качества опреснённой воды для орошения, выполненная по методике [9].

В совокупности полученные результаты исследований позволяют утверждать следующее.

1. Опреснение воды рассмотренными выше способами позволяет за один или несколько циклов снизить её минерализацию до заданного потенциальным потребителем уровня.

2. По эффективности солеудаления опреснение воды способом естественного вымораживания с использованием факельного льдообразования занимает третью позицию после дистилляции и гелиоопреснения, при этом степень извлечения ионов, образующих наиболее токсичные соли, составляет для  $\text{Cl}^-$  - 90,7 % и  $\text{Na}^+$  - 91,0 %.

3. На современном уровне разработки технологий ни один из анализируемых способов опреснения не обеспечивает получение воды для орошения почв со средним гранулометрическим составом и почв, имеющих ППК = 15...30 мг-экв/100 г, с качеством на уровне 1 и 2 класса (неопасная и малоопасная [9]) по всем установленным критериям одновременно: существует опасность общего и хлоридного засоления, натриевого и магниевоегo осолонцевания, содообразования. Для всех способов опреснения оценки ирригационных свойств обработанной воды по указанным выше критериям имеют разброс от 1 или 2 класса до 3 - 4 класса опасности.

4. При экономической и экологической целесообразности использования опресненной воды на орошение необходимо предусматривать её кондиционирование и/или выполнение других мелиоративных мероприятий, предотвращающих или компенсирующих возможный ущерб.

### Литература

5. Дарымова Г.Н. Влияние химического состава природных вод на процессы опреснения // Опреснение и обессоливание воды: материалы семинара / МДНТП. – М.: Знание, 1976. – С. 173 – 176.
6. Каминский В.С., Санин М.В., Тимошина И.А. Об утилизации сбросных вод повышенной минерализации, изливающихся в процессе добычи полезных ископаемых // Водные ресурсы. – 1979. - № 2. – С.156 – 165.
7. Колодин М.В. Экономика опреснения воды. – М.: Наука, 1985. – 128 с.
8. Колодин М.В., Санин М.В., Эльпинер Л.И. Рахманин Ю.А. Временные рекомендации по использованию опреснённой воды в сельском хозяйстве. – Алма-Ата: Ылым, 1988. – 52 с.
9. Карелин Ф.Н., Обессоливание воды обратным осмосом. – М.: Стройиздат, 1988. – 208 с.

Таблица 3 - Результаты почвенно-мелиоративной оценки качества опреснённой воды

Способ опреснения воды	Количество анализов воды	Оценка качества опреснённой воды по опасности развития процессов:									
		Общее засоление		Хлоридное засоление		Натриевое осолонцевание		Магниевое осолонцевание		Содообразование	
		Минерализация воды		СГ, мг-экв/л	Класс	Na <sup>+</sup> /Ca <sup>2+</sup>	Класс	Mg <sup>2+</sup> /Ca <sup>2+</sup>	Класс	$\frac{(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)}{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}$	
		М, г/л	Класс							Класс	Класс
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дистилляция	3	0,09 (3)*	1	0,1 (3)	1	>5 (3)	4	>8 (3)	4	0,1 (3)	1
Гелиоопреснение	1	0,12 (1)	1	0,3 (1)	1	2,2 (1)	4	2,7 (1)	4	0,3 (1)	1
Электродиализ	4	0,5 (1)	1	4,4-5,6 (3)	3	0,7 (1)	2	0,2-0,9 (3)	1	0,2 (3)	1
		1,0-1,1 (2)	2	24,2 (1)	4	2,6-14,9 (3)	4	6,0 (1)	4	1,0 (1)	2
		1,6 (1)	4								
Обратный осмос	9	0,1-0,6 (4)	1	0,5-1,4 (2)	1	0,8 (1)	2	0,6-1,0 (7)	1	0-0,5 (9)	1
		0,6-1,0 (3)	2	4,4-8,5 (4)	3	1,65 (1)	3	1,0 (1)	2		
		1,1-1,2 (2)	3	15,6-17,2 (3)	4	4,1-13,2 (7)	4	2,3 (1)	3		
Ионный обмен	1	1,3 (1)	3	7,0 (1)	3	7,6 (1)	4	0,3 (1)	1	3,8 (1)	4
Вымораживание (промышленное)	4	0,7 (3)	2	5,6-6,2 (3)	3	3,8-7,9 (4)	4	0,4 (1)	1	0,2-0,6 (4)	1
		1,4 (1)	3	13,7 (1)	4			1,5 (1)	2		
								2,1-2,2 (2)	3		
Вымораживание (зимнее дождевание)	2	0,5-0,6	1	1,0 (1)	1	1,6 (1)	3	0,4 (1)	1	0,2 (2)	1
				6,2 (1)	3	5,4 (1)	4	2,3 (1)	3		

Примечание: 1. Оценка опасности развития общего засоления по величине минерализации опреснённой воды выполнена для условий орошения почв со средним механическим составом и почв, имеющих ППК = 15...30 мг-экв/100 г (сухостепная, степная и полупустынные зоны);  
 2. Класс качества воды по [9]: 1 – неопасный, 2 – малоопасный, 3 – умеренно опасный, 4 – опасный;  
 3. \* - число в скобках: (3) – количество анализов воды.

10. Осокин Н.И., Сосновский А.В. Очистка вод от загрязнения с помощью природного холода // Бюлл. «Использование и охрана природных ресурсов в России». – 2004. - № 1. – С. 56 – 60.
11. Пат. № 2178389 (RU). С1. МПК<sup>7</sup> С 02 F 1/22, F 103:08, F 25 C 1/2, 3/04. Способ опреснения минерализованной воды и устройство для его осуществления // Конторович И.И., Колганов А.В., Бородычев В.В. и др. Заявлено 17.07.2000, опубликовано 20.01.2002.
12. Конторович И.И., Мариненко В.Е., Варламов Н.Е. и др. Применение метода зимнего дождевания для опреснения дренажного стока в условиях Нижнего Поволжья // Экологические основы орошаемого земледелия / ВНИИГиМ. – М., 1995. – С. 262 – 273.
13. Безднина С.Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки. – М.: Издательство «РОМА», 1997. – 185 с.

УДК. 631.582.

## **К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ**

**Е.Г. Коршунова, Ю.А. Томин, В.А. Лисютин**

Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Практика использования торфяных почв в сельскохозяйственном производстве показала, что в процессе эксплуатации они становятся экологически неустойчивыми: трансформируются в менее плодородные – торфяно-перегнойные, торфянисто-перегнойные, перегнойные, а затем в антропогенные минеральные земли, полностью утратившие признаки исходной торфяной почвы [1]. Уровень их плодородия снижается и определяется гранулометрическим составом подстилающей минеральной породой и культурой земледелия, т.е. уровнем агротехники. Так обследование, осушенных ранее (1965-70 гг.) торфяников Мещерской низменности показало, что сработка торфа на отдельных объектах составила от 30 до 80% и более.

В этой связи целью наших исследований является разработка мероприятий экологически безопасного и эффективного использования эксплуатируемых торфяных почв в сельскохозяйственном производстве.

Экспериментальные исследования проводятся на опытном участке, расположенном на землях ОПХ «Полково» Рязанской области. Участок осушен в 1962 году и использовался в полевом севообороте. Осушается объект открытой сетью каналов, уровень грунтовых вод в среднем за вегетацию составляет 90-150 см от поверхности. В результате длительного использования маломощная торфяная почва за 44 года трансформировалась в торфянисто-перегнойную, с мощностью перегнойного слоя 30-40 см. Соответственно изменились агрохимические и агрофизические свойства почвы. Так, степень разложения с 22,4 увеличилась до 50% и более. В результате минерализации торф трансформиро-



вался в бесструктурную перегнойную массу, представленную следующими агрохимическими показателями: рН-5,5; общий азот составляет 0,365; содержание гумуса в среднем составляет 6,4%; содержание подвижного фосфора и обменного калия соответственно составляет 16,8 и 18,6 мг на 100 г почвы.

На опытном участке были заложены следующие варианты опытов: контроль, внесение азота в дозе 90,180 и 240 кг д.в. на один гектар. Культурой реагентом является кострецово-тимофеечная травосмесь, рассчитанная на длительный срок использования (8-10 лет). Размер опытных делянок составляет 140 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная.

В течение вегетационного периода 2006 года были проведены наблюдения за метеоусловиями, состоянием уровня грунтовых вод, динамикой влажности почвы, образованием нитратного азота и учетом урожайности зеленой массы травостоя.

Методика исследования режимных наблюдений принята в соответствии с «Временными методическими указаниями водобалансовым станциям на мелиорируемых землях по производству наблюдений и обработке материалов» (Ленинград, Гидрометеиздат, 1981); "Пособия по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм" (Москва, Россель-хозиздат, 1965 г.); "Руководства по химическому анализу почв" (Е.В. Ари-пушкин, Москва, МГУ, 1961 г.), а также другими методиками, разработанными ВНИИГиМ и другими методическими указаниями.

Метеорологические условия проведения исследований 2006 года характеризуются следующими показателями. В целом за вегетационный период выпало 314,2 мм осадков, среднемноголетняя их величина составляет 237, 0 мм, что дает основание считать год влажным. Наибольшее количество осадков выпало в июле (110 мм), а наименьшее в мае (54,5 мм). Особенно остро дефицит влаги ощущался в первой декаде июля, всего выпало 4 мм осадков.

По температуре воздуха вегетационный период характеризуется как среднемноголетний. Самым теплым месяцем отмечается июнь, с средней температурой воздуха 19,5 °С, что превысило на 2,5°С среднемноголетнюю температуру этого месяца. Метеорологические условия периода исследований оказали влияние на глубину состояния грунтовых вод и влажность почвы.

Грунтовые воды определялись в двух скважинах №1 и №2, расположенных от магистрального канала на расстоянии 150 и 250 м. Вследствие небольшого уклона и различных расстояний скважин от осушителя сложились различные уровни грунтовых вод на опытном участке. Так, на первой половине участка (скважина №1) уровень грунтовых вод в среднем за вегетацию находится на глубине 147,0 см, на второй половине участка (скважина №2) – на глубине 91,0 см от поверхности земли.

Различное положение УГВ на участке сказалось и на динамике влажности почвы пахотного горизонта. Влажность почвы в среднем за вегетационный пе-

риод сложилась благоприятной для роста и развития многолетних трав, как на первом (72,4), так и на втором (80,1%) участке от полной влагоемкости.

Такая относительно оптимальная влажность обеспечена, как расположением грунтовых вод, так и двумя поливами, произведенными в июне и июле месяце.

Одним из важных агрохимических показателей торфяных почв является нитратный азот. Динамика его содержания в течение вегетационного периода коренным образом влияет на обеспечение многолетних трав азотом и биологическую активность почвенных организмов, а также на скорость процесса минерализации органического вещества торфа. Динамика нитратного азота в зависимости от УГВ и доз минеральных удобрений приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние УГВ и норм внесения минеральных удобрений на содержание нитратного азота в почве

Варианты опыта		Содержание N-NO <sub>3</sub> мг/100 г сухой почвы			
УГВ, см	Норма удобрения	май	июнь	июль	август
147,0	<b>N<sub>0</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	8,2	11,3	11,8	6,5
	<b>N<sub>90</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	9,8	13,5	14,1	7,4
	<b>N<sub>180</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	12,2	19,4	20,4	10,4
	<b>N<sub>240</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	<b>13,5</b>	<b>23,1</b>	<b>23,7</b>	<b>12,3</b>
91,0	<b>N<sub>0</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	7,5	9,7	9,9	5,4
	<b>N<sub>90</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	8,3	11,5	12,4	6,3
	<b>N<sub>180</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	10,4	17,6	15,8	8,5
	<b>N<sub>240</sub> P<sub>60</sub> K<sub>90</sub></b>	12,0	20,2	17,3	10,7

По данным таблицы 1 видно, что наибольшее количество нитратного азота образовалось на участке с УГВ 147 см от поверхности с нормой азота 240 кг д.в. на гектар. По данным таблицы 2 также можно сделать заключение, что процесс минерализации органического вещества идет медленнее на участке с УГВ 91,0 см от поверхности почвы. В конечном итоге УГВ и нормы азотных удобрений определенным образом сказались на урожае многолетних трав (табл. 2).

По данным таблицы 2 видно, что наибольший урожай зеленой массы травосмеси получен на участке с УГВ 91,0 см от поверхности почвы и нормой внесения азота 240 кг д.в. на один гектар и составил 510,0 ц/га. При той же норме удобрений, на участке с УГВ 147 см урожай зеленой массы составил 491,0 ц/га, что на 19 ц меньше (НСР<sub>05</sub> = 6,0 ц.).

Следует заметить, что достаточно высокие урожаи многолетних трав получены при норме азота 180 кг д.в. на гектар, как при УГВ 91,0 см, так и при УГВ 147 см и соответственно составили 467,0 и 447,0 ц зеленой массы.

Таблица 2 Урожай зеленой массы многолетних трав в зависимости от УГВ и нормы азота

УГВ	Норма азота	Урожай, ц/га		Всего за вегетацию	На 1 кг азота урожайность, кг
		Первый укос	Второй укос		
91,0	Контроль	136,0	75,0	211,0	-
	№ <sub>90</sub>	198,0	108,0	306,0	105,5
	№ <sub>180</sub>	289,0	178,0	467,0	142,2
	№ <sub>240</sub>	315,0	195,0	<b>510,0</b>	124,6
147,0	Контроль	124,0	70,0	194,0	-
	№ <sub>90</sub>	182,0	98,0	280,0	95,5
	№ <sub>180</sub>	276,0	171,0	447,0	140,5
	№ <sub>240</sub>	304,0	187,0	<b>491,0</b>	123,7

Что касается урожая на 1 кг азота, то здесь получены следующие значения: на варианте с нормой 180 кг д.в. азота и УГВ 91,0 см получен наибольший урожай травосмеси в пересчете на 1 кг азота и составил 142,2 кг зеленой массы, при УГВ 147 см этот показатель составляет 140,5 кг. Повышенная норма азота 240 кг д.в. на гектар как на первом, так и на втором участке несколько снижает этот показатель, в среднем на 17-18 кг.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать заключение, что сочетание двух основных факторов воздействия: водного режима и азотного питания обеспечивают высокую урожайность многолетних трав. При этом наиболее положительное влияние оказывает меньшая норма осушения (90 см) и доза азота 240 кг д.в. на гектар.

#### Литература

1. Мурашко А.И. Долговечность осушенных торфяников и их сельскохозяйственное использование «Эволюция торфяных почв под влиянием осушительной мелиорации и ее последствия» Тез. докл. Минск, 1983. с.32-33.

УДК 633.118.03:674.2

## ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ РИСА В ДАГЕСТАНЕ

**С.Л. Курбанов**

Дагестанская ГСХА, Махачкала, Россия

В последние годы сельскохозяйственные предприятия не имеют возможности приобретать гербициды и, как следствие, урожайность этой важнейшей зерновой культуры в республике при укороченном режиме орошения резко снизилась. В этой связи представляет интерес изучение возможности выращи-

вания риса без применения гербицидов путем перехода на режим постоянного затопления.

При постоянном затоплении риса решающим с технологической стороны является вопрос о том, какой слой воды надо сохранять в чеках, чтобы получить дружные всходы этой культуры и необходимую густоту стояния растений. Для решения этой задачи нами испытывались три варианта с поддержанием слоя воды - 5, 10 и 15 см в период «прорастания семян - кущение» риса. В остальные периоды выращивания, слой воды по всем вариантам поддерживался одинаковый: 15...20 см до молочной спелости зерна. В дальнейшем вода на опытные делянки не поступает и происходит сработка воды в чеке к фазе восковой спелости зерна. Исследования проводились для трех сортов риса - Лиман, Дагестан 2 и Регул, районированных в республике.

Наибольшая полевая всхожесть семян достигается при укороченном режиме орошения и составляет 39,9% в среднем по всем сортам. При поддержании слоя воды 5 см в период «прорастание семян - кущение» ее величина снижается до 32,6%. Увеличение слоя воды до 10 см привело к дальнейшему ее снижению до 23,1%. Наименьшими показателями всхожести семян отличается вариант с поддержанием слоя воды 15 см - 12,1%. Данное обстоятельство объясняется тем, что при поддержании большего слоя воды в чеках наблюдается гибель не только просянок, но и растений риса. Кроме того, часть их погибает из-за волнобоя, при котором вырываются даже укоренившиеся растения. Наблюдается обратная коррелятивная зависимость между слоем воды в чеках и количеством растений ( $r = 0,98$ ).

Учет количества растений и продуктивных стеблей показал более высокую жизнеспособность растений риса, выращенных при постоянном затоплении, о чем свидетельствует показатель кустистости. Так, показатель кустистости при укороченном затоплении и применении гербицидов в среднем составил 1,9, а на вариантах с постоянным затоплением он увеличился до 3,08. Среди изучаемых сортов наибольший коэффициент кустистости отмечен у сорта Регул - 2,20 и сорта Дагестан 2 - 2,22, что нивелирует преимущество укороченного затопления по количеству растений и продуктивных стеблей. Укороченное затопление риса имеет бесспорное преимущество перед вариантами постоянного затопления по количеству продуктивных стеблей на единицу площади лишь в случае обработки посевов гербицидами.

При возделывании риса важное значение приобретает борьба с сорняками. В условиях недостаточного применения гербицидов в борьбе с ними приоритет отдается агротехническим мерам борьбы. Установлено, что переход на постоянное затопление оказал существенное влияние на количество сорняков и соотношение компонентов агрофитоценоза рисовых полей. Учет засоренности показал, что применение укороченного затопления в условиях, когда нет возможности применять химические меры борьбы с сорной растительностью, нецеле-

сообразно, так как возрастает и количество сорняков и их масса (на 33,6%). Выходом из положения является переход на режим постоянного затопления и поддержание слоя воды 5 см в период «прорастания семян - кущение», что позволяет снизить засоренность малолетними сорняками в 8 раз, а многолетними сорняками в среднем в 3,2 раза.

Одной из главных задач наших исследований было определение суммарного водопотребления и установление закономерностей формирования урожая при различных режимах орошения риса.

Изменения в агротехнике возделывания сортов риса оказали существенное влияние на водный баланс рисового чека и структуру его приходных и расходных статей. В приходной части водного баланса доля осадков невелика и, независимо от сорта, составляет при укороченном режиме 3,0...3,2%. Переход на постоянное затопление уменьшает значимость атмосферных осадков до 2,6...2,9%. Наиболее существенно изменялась величина оросительной нормы, которая при переходе с укороченного затопления на постоянное в среднем возросла на 16,8% (табл. 1).

В расходной части наибольшие потери воды приходятся на испарение - 5340...7235 м<sup>3</sup>/га и транспирацию - 4965...6885 м<sup>3</sup>/га. Увеличение продолжительности вегетации повышало испаряемость только на 12,1%, а переход с укороченного на постоянное затопление увеличивал испаряемость в среднем на 15,8%, в наибольшей степени у скороспелого сорта Лиман - на 17,9%. Максимальная испаряемость у всех сортов риса отмечена при поддержании слоя воды 5 см в период «прорастания семян - кущение», что связано с его более высокой температурой. В среднем переход с укороченного на постоянное затопление увеличил испаряемость на 16,2%, а транспирацию на 16,8%.

Отказ от гербицидов приводил к повышению оросительной нормы на 4,5% только при укороченном орошении.

Расчеты коэффициента водопотребления показали, что на вариантах без применения гербицидов наиболее продуктивно используется вода у всех сортов риса при постоянном затоплении и поддержании слоя воды 5 см в период «прорастания семян - кущение» - 2322...2498 м<sup>3</sup>/т. При этом же режиме орошения наиболее продуктивно используется и оросительная вода - 3591...3840 м<sup>3</sup>/т. Самый низкий коэффициент водопотребления и коэффициент использования оросительной воды у сорта Дагестан 2, что свидетельствует о более высокой эффективности ее использования этим сортом.

Среди изучаемых режимов орошения наиболее продуктивно используется влага при укороченном затоплении, где коэффициент водопотребления снижается с 2608 до 1774 м<sup>3</sup>/т, а коэффициент использования оросительной воды с 4024 до 2765 м<sup>3</sup>/т.

Таблица 1 - Водный баланс рисового чека при различных режимах орошения сортов риса, м<sup>3</sup>/га  
(в среднем за 2000...2003 гг.)

Статьи водного баланса	Лиман				Регул				Дагестан 2			
	Уко- рочен- ное за- топле- ние, кон- троль	Постоянное затопление, а в период «прорастание семян - кущение» слой воды, см			Уко- рочен- ное за- топле- ние, кон- троль	Постоянное затопле- ние, а в период «про- растание семян - куще- ние» слой воды, см			Укоро- ченное затоп- ление, кон- троль	Постоянное затопле- ние, а в период «про- растание семян - куще- ние» слой воды, см		
		5	10	15		5	10	15		5	10	15
<b>С гербицидом</b>												
<b><u>Приход:</u></b>												
Ороситель- ная норма	16310	19660	19535	18980	17325	20900	20910	20615	18070	21830	21750	21260
Осадки	560	580	580	585	580	590	595	600	590	595	640	640
Всего	16830	20240	20115	19565	17905	21490	21505	21215	18660	22425	22390	21900
<b><u>Расход:</u></b>												
Насыщение почвы	2785	2785	2785	2785	2785	2785	2785	2785	2785	2785	2785	2785
Испарение	5340	6620	6315	6260	5650	6860	6880	6850	6010	7205	7235	6970
Транспира- ция	4965	6155	5960	5860	5435	6470	6355	6330	5815	6885	6745	6740
Фильтрация	3740	4680	5055	4660	4035	5375	5475	5250	4050	5550	5625	5405
Всего	16830	20240	20115	19565	17905	21490	21505	21215	18660	22425	22390	21900

Таблица 2 - Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления при разных режимах орошения и применении гербицидов (в среднем за 2000...2003 гг.)

Сорта	Режим орошения	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т	Коэффициент использования оросительной воды, м <sup>3</sup> /т
Лиман	Укороченное затопление, контроль	$\frac{10910^*}{10305}$	$\frac{17030}{16310}$	$\frac{2700}{1783}$	$\frac{4215}{2822}$
	Постоянное затопление: слой воды 5 см	$\frac{12790}{12775}$	$\frac{19700}{19660}$	$\frac{2498}{2439}$	$\frac{3832}{3737}$
	То же 10 см	$\frac{12250}{12275}$	$\frac{19510}{19535}$	$\frac{2657}{2783}$	$\frac{4232}{4429}$
	То же 15 см	$\frac{12180}{12120}$	$\frac{19050}{18980}$	$\frac{2826}{3007}$	$\frac{4420}{4710}$
Регул	Укороченное затопление, контроль	$\frac{11640}{11085}$	$\frac{18040}{17325}$	$\frac{2739}{1829}$	$\frac{4245}{2859}$
	Постоянное затопление: слой воды 5 см	$\frac{13300}{13330}$	$\frac{20850}{20900}$	$\frac{2459}{2640}$	$\frac{3840}{4138}$
	То же 10 см	$\frac{13240}{13235}$	$\frac{20930}{20910}$	$\frac{2747}{2663}$	$\frac{4342}{4207}$
	То же 15 см	$\frac{13110}{13180}$	$\frac{20550}{20615}$	$\frac{2933}{2903}$	$\frac{4597}{4541}$
Дагестан 2	Укороченное затопление, контроль	$\frac{12500}{11825}$	$\frac{18935}{18070}$	$\frac{2385}{1711}$	$\frac{3613}{2615}$
	Постоянное затопление: слой воды 5 см	$\frac{14140}{14090}$	$\frac{21870}{21830}$	$\frac{2322}{2280}$	$\frac{3591}{3532}$
	То же 10 см	$\frac{14020}{13980}$	$\frac{21700}{21750}$	$\frac{2606}{2483}$	$\frac{4033}{3863}$
	То же 15 см	$\frac{13705}{13710}$	$\frac{21320}{21260}$	$\frac{2867}{2611}$	$\frac{4460}{4050}$

\* в числителе – без гербицида, в знаменателе – с гербицидом

Наибольшая урожайность зерна – 6,6 т/га достигается при укороченном затоплении риса с применением гербицида (табл.3). В случае исключения гербицида из технологии его возделывания при таком режиме орошения наблюдается резкое снижение урожайности зерна - на 1,9 т/га, или 29,3%., что свидетельствует о нецелесообразности применения укороченного затопления при отсутствии гербицидов. Выходом из положения здесь может явиться поддержание постоянного слоя воды на рисовых чеках, включая и период «прорастание семян - кущение». В этом случае можно получить в среднем по всем сортам 5,95 т/га зерна, что всего на 9,8% меньше, чем было получено при укороченном затоплении с применением гербицидов, но на 1,28 т/га, или 27,4%, больше, чем при том же укороченном затоплении, но без применения гербицида. Этот вариант, по-видимому, следует считать наиболее перспективным в нынешних экономических условиях функционирования АПК, когда приобретение гербицидов и их применение не под силу многим сельскохозяйственным предприятиям. Дальнейшее увеличение слоя воды в рассматриваемый период до 10...15 см нецелесообразно, поскольку урожайность зерна при этом снижается соответственно на 0,67 и 1,22 т/га.

Таблица 3 - Урожайность сортов риса в зависимости от режимов орошения и применения гербицида (т/га) в среднем за 2001...2005 гг.

Режим орошения	Без применения гербицида				С применением гербицида			
	Ли-ман	Ре-гул	Да-гес-тан 2	сред. по сорту	Ли-ман	Ре-гул	Да-гес-тан 2	сред. по сорту
1. Укороченное затопление - контроль	4,16	4,47	5,38	4,67	6,14	6,47	7,19	6,60
2. Постоянное затопление: слой воды 5 см в период «прорастание-семян - кущение»	5,62	5,84	6,40	5,95	5,68	5,87	6,48	6,01
3. То же 10 см	4,99	5,24	5,61	5,28	4,95	5,31	6,01	5,42
4. То же 15 см	4,63	4,71	4,86	4,73	4,38	4,79	5,50	4,89

НСР<sub>05</sub>- 0,46 т/га

Среди сортов на фоне изучаемых режимов орошения лучшие показатели получены по сорту Дагестан 2, где в среднем с 1 га его посевов получено 5,56 т/га зерна без применения гербицидов, а на фоне гербицидной обработки – 6,29 т/га, или соответственно на 0,71 и 1,0 т/га больше, чем по сорту Лиман, и на 0,5 и 0,6 т/га по сравнению с Регулом. Максимальная продуктивность его – 7,19



т/га достигается (так же, как и других сортов) при укороченном затоплении с применением гербицида или при постоянном затоплении с поддержанием слоя воды в период «прорастание семян - кущение» на уровне 5 см (6,40 т/га). Урожайность семян сорта Регул при этих же технологиях была ниже соответственно на 0,77 и 0,56 т/га, а сорта Лиман - на 1,05 и 0,78 т/га.

УДК 631.61:631.67

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРБОЛАНДШАФТА ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕКОТОРЫХ ПРИЁМОВ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВОГРУНТОВ**

**В.Ю.Павлов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Крупные города в силу их специфики являются местом с неблагоприятной экологической обстановкой, здесь происходит постоянное загрязнение окружающей среды, ухудшаются условия жизни людей. Фактором, способным сдерживать влияние неблагоприятных антропогенных условий на окружающую среду, являются городские зелёные насаждения, а также городские почвы. Эти два фактора тесно взаимосвязаны.

Одним из необходимых условий образования плодородного гумусового горизонта почвы является поступление органики. Многолетние травы сами по себе являются мощным фактором, определяющим данный процесс. Однако процесс прироста гумуса под злаковыми и злаково-клеверными травостоями является медленным и постепенным, о чём свидетельствуют данные из литературы (Козак, 1999; Мельников, Мотыгина, 1999). Поэтому производятся и дополнительные мероприятия. Они заключаются во внесении органических удобрений. В качестве органического субстрата обычно используется торф в составе экогрунта (Тюльдюков и др., 2002). Он эффективно улучшает гумусовое состояние почвы.

В городе естественное поступление органики происходит за счёт биомассы древесных растений в осенний период, во время листопада. Большое количество образующихся в городе растительных остатков требует утилизации. Растительные остатки (опавшие листья, трава) обычно удаляются из города и вывозятся на полигоны. Несомненно, что закономерно удаление листового опада с территорий, подверженных сильному загрязнению, или находящихся в зоне загрязняющего воздействия городских магистралей (рекомендуется сгребать его в прилегающей к дорогам полосе шириной 10-25 м, а также в местах сильного промышленного загрязнения) (Правила создания, охраны, содержания зелёных насаждений г. Москвы, 1998). Однако полное изъятие растительных остатков из городской экосистемы не оправдано, т.к. это приводит к выносу органического

вещества из почв (Аммосова, Ладонин, 2000; Машинский, 1973; Правила, 1998). Нарушается также процесс поступления в почву зольных элементов в процессе минерализации (Почва, город, экология, 1997). Наконец происходит омертвление почвы, гибель микроорганизмов, выделяемые которыми вещества оказывают ростостимулирующее воздействие на растения (Тюльдюков и др., 2002). Было бы логичнее использовать опад древесных растений и скошенную траву для окультуривания почв.

Возражения, связанные с применением листвы в этом качестве обычно сводятся к повышенному содержанию в ней загрязнений (Фролов, 1998). Однако, по данным научных исследований, уровень содержания тяжёлых металлов в листовых пробах не превышает установленных ПДК (Соломина, 2004).

Если оставлять листву на поверхности газона, то это может угнетающе воздействовать на травостой (Тюльдюков и др., 2002). Современная российская наука о коммунальном хозяйстве пошла по пути разработки технологии переработки городских растительных отходов в компост (Соломина, 2004). Данная технология научно обоснована и хорошо вписывается в систему коммунального хозяйства города. Однако она сопряжена с определёнными расходами. Окупаемость разработанной технологии утилизации растительных остатков составляет примерно 3 года (Соломина, 2004). Между тем, возможно было бы снизить эти расходы, хотя бы частично проводя переработку на месте образования отходов. Так, лиственный опад, образующийся в осенний период, можно было бы вносить непосредственно в почву.

В принципе, растительные остатки давно используются в качестве удобрения в сельском хозяйстве и способы их внесения достаточно разработаны. Существуют технологии поверхностного компостирования растительных остатков с целью применения их в качестве удобрений на сельскохозяйственных землях (Технологии поверхностного компостирования., 2003). Суть данного способа в том, чтобы заделать растительные остатки в хорошо аэрированный верхний слой почвы на глубину примерно 10 см, чтобы при их разложении не возник дефицит азота из-за его связывания микроорганизмами.

Городская почва является удачным местом маганизации загрязнённых органических субстратов (листвы, ОСВ), (обладающих, к тому же, удобрительным эффектом), поскольку не используется под сельскохозяйственные нужды, и обладает рядом свойств, придающих ей устойчивость к тяжёлым металлам (например, слабощелочная среда) (Почва, город, экология, 1997). Поэтому решение проблемы их утилизации путём заделки в почву можно признать достаточно перспективным. По нашему мнению, следует вносить их на участки, где наблюдается деградация растительности, оголение, переуплотнение почвы, где требуется перезалужение.

Внесение растительных остатков в осенний период производится слоем 5-8 см. Наиболее перспективным способом считается поверхностное компостиро-

вание (Технологии.., 2003). При этом следует отметить, что в осенний период на уплотнённых городских почвах должна, по нашему мнению, производиться обработка и оставление в таком виде «под зиму». Для благополучного разложения листвы, предотвращения распространения патогенных микроорганизмов, желательна прикрытие нанесённой на поверхность листвы слоем грунта. Поэтому листву вносят «под обработку» почвы. Одновременно с этим должно производиться внесение извести количеством 100-150 г на 1 кг субстрата или гипса (1кг/м<sup>2</sup>). При этом листва должна заделываться на глубину не более 10 см по причинам, указанным выше, и перемешиваться с почвой. По прошествии определённого срока (1 месяц), по нашему мнению, должна производиться основная обработка (перекопка, вспашка и т. д.) почвы. Весной, в свою очередь, должна осуществляться разделка пласта обработанной осенью почвы.

Помимо гумусонакопления плодородие почвы определяется содержанием других минеральных элементов, в накоплении которых также играет свою роль внесение органики. На этот процесс также оказывают влияние посевы многолетних трав. Так, согласно литературным данным (Попова, Хвостова, Пестова, Хвостов, 1999) содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве под злаковым травостоем с течением времени возрастает. Также под посевами многолетних трав, особенно бобовых, происходит прирост в почве содержания азота (в том числе и за счёт симбиоза с азотфиксирующими микроорганизмами).

С целью выяснения влияния внесения органики и посевов многолетних трав на свойства городской почвы нами были проведены исследования на прилегающем к зданию ВНИИГиМ участке городской почвы, где была заложена серия микроделяночных опытов. Так в 2000 г. был заложен опыт, где исследование агрохимических свойств почвы было проведено на следующих вариантах:

1. Злаковые травы российской селекции (контроль);
2. Злаковые травы российской селекции на экогрунте (удобрительная смесь, применяемая при озеленении территории) слоем до 5 см.

Также исследования велись на следующих вариантах, заложенных годом позже (в 2001):

- 1а. Злаково-клеверная травосмесь (контроль).

На данном варианте в составе травосмеси вместо овсяницы луговой использовалась овсяница красная.

В сентябре 2001 года была заложена серия микроделяночных опытов внесению образующихся в городской черте растительных остатков в почву, с целью изучения их влияния на свойства окультуриваемого почвогрунта. Внесение производилось путём укладывания на поверхность деленок слоем примерно 5 см и покрытия сверху снятой здесь же почвой.

В 2002 году здесь была произведена закладка ряда вариантов микроделяночного опыта (каждый в 3 повторностях). Один из них рассматривается в этой работе:

2а. Злаково-клеверная травосмесь на фоне поверхностного компостирования растительных остатков.

Из-за сильной засухи всхожесть была неудовлетворительной, поэтому в начале вегетационного сезона 2003 года на делянках варианта 2а произведён пересев.

В 2000-2001 г травостой подвергался регулярным укосам (это связано с учётом величины прироста надземной фитомассы). Начиная с 2002 года, регулярные укосы на вышеперечисленных участках в течение всего сезоне не проводились, если не считать нерегулярные плановые укосы работниками коммунальных служб, при этом скошенная надземная фитомасса оставалась на участке.

Пробы почвы для химического анализа отбирались на глубине пахотного слоя (отдельно с глубины 0-10 см и 10-20 см) «по конверту» на вышеперечисленных вариантах и участках исходной почвы.

Дальнейшая обработка производилась в соответствии с методиками подготовки почвы к агрохимическому анализу (Аринушкина, 1973; Практикум, 2001).

В нашем опыте, на протяжении двух лет в варианте 1 содержание органического углерода в верхнем слое почвы (0-10 см) было достаточно стабильным и существенно не менялось. При внесении экогрунта на основе торфа (вариант 2) здесь произошло его одномоментное увеличение по сравнению с контролем (на 0,55%) в течение указанного срока также не претерпевшее изменений, возможно по причине биохимической инертности внесённой органики. На следующий год (3 год наблюдений) увеличение содержания органического углерода произошло на обоих вариантах (соответственно на 0,37% и на 0,49%). Вероятно, когда удаление скошенной фитомассы прекратилось, и её поступление на поверхность почвы резко возросло, микробиота почвы не сумела «перестроиться» и минерализующая активность почвенной не возросла пропорционально приросту органического субстрата.

Почва под злаково-клеверной травосмесью (вариант 1а) в том же горизонте в течение 2 лет демонстрирует некоторое увеличение (по сравнению с исходной почвой) и последующую стабилизацию содержания углерода (с 1,51 до 1,56%) что, в целом согласуется с литературными данными. Он заметно отличается от варианта 1, что вызвано совокупностью конкретных условий роста и развития трав, начиная с момента создания травяного покрытия.

После внесения листового опада за первый год содержание органического углерода в горизонте 0-10 см практически не изменилось. На второй год при-

рост органического углерода в почве, по сравнению с контролем, на вариантах 2а составил соответственно 0,2%. Общий его прирост на данном варианте за три года – 0,34%.

В более глубоко расположенном слое почвы, на глубине 10-20 см, под всеми вариантами наблюдался прирост содержания углерода по сравнению с исходной почвой, что может быть объяснено перемешиванием её слоёв при обработке (перекапывании). В дальнейшем оно остаётся довольно стабильным. Только на варианте с внесением листового опада на третий год наблюдается некоторая тенденция к его увеличению.

Содержание общего азота под злаковой травосмесью в горизонте 0-10см в течение времени обнаруживает тенденцию к увеличению (примерно на 0,09% за три года). При добавлении экогрунта увеличение его содержания, по сравнению с контролем несущественно (0,03%). На обоих вариантах наблюдаются колебания этого показателя по годам, причём больший прирост наблюдается в более засушливые годы. При этом после внесения экогрунта он был больше, чем на контроле, как в отдельные годы, так и за исследуемый аналогичный период в целом (по сравнению с контролем прирост в целом за исследуемый период был больше на 0,05%). На большей (10-20 см) глубине увеличения содержания общего азота в целом за исследуемый период не произошло, хотя вышеуказанные колебания по годам также наблюдались.

Под злаками в сочетании с клевером (вариант 1а), по сравнению с чисто злаковой травосмесью, увеличение содержания общего азота в почве на глубине 0-10 см было более значительным (0,07% за первый год и 0,19% за два года, по сравнению с исходной почвой). Разница исходной почвой и данным вариантом на втором году исследования по величине данного показателя на втором году является статистически достоверной.

Растительные остатки способствуют уменьшению содержания общего азота в верхнем (0-10 см) горизонте почвы, по сравнению с контролем его содержание здесь уменьшилось на варианте, где производилось их внесение (на 0,14%). Это может быть связано с деятельностью микроорганизмов и мезофауны при разложении органики.

Содержание подвижного фосфора под злаковым травостоем (вариант 1) подвергалось некоторым колебаниям, но в целом в верхнем (0-10 см) горизонте оставалось достаточно стабильным, а в нижележащем слое почвы (10-20 см) даже увеличилось (на 85 мг/кг). Несмотря на вынос этого элемента травами, при росте его содержание после уменьшения затем опять возрастало. Это согласуется с литературными данными о способности многолетних трав способствовать его увеличению в почве. Та же тенденция наблюдается под злаково-клеверной травосмесью. Колебания данного показателя зависят от погодных условий, в менее засушливые годы содержание подвижного фосфора уменьшается.

В отношении обменного калия в тех же почвенных слоях можно отметить те же процессы, только вынос его в верхнем (0-10 см) горизонте почвы является более значительным, а процессы его возрастания под влиянием травостоя менее интенсивны (хотя и наблюдается хорошо выраженная тенденция). Данные процессы отмечаются и в литературе.

При внесении экогрунта содержание подвижного фосфора в течение первого года увеличивается, по сравнению с контролем, в горизонте 0-10 см на 40 мг/кг, содержание обменного калия в том же горизонте – на 6 мг/кг. В слое 10-20 см увеличение этих показателей составило соответственно 55 мг/кг и 22 мг/кг.

При внесении растительных остатков на варианте 2а прирост подвижного фосфора и обменного калия за первый год по сравнению с исходной почвой составил: в горизонте 0-10 см – 54 мг/кг и 21 мг/кг; в горизонте 10-20 см – 107 мг/кг и 52 мг/кг (в почвенном слое 10-20 см произошло статистически достоверное увеличение содержания подвижного фосфора в данном почвенном слое). На следующий год на этом варианте произошёл частичный (слой 0-10 см) или полный (слой 10-20 см) вынос поступивших с органикой подвижного фосфора и обменного калия. Интересно, что влияние травостоя на увеличение содержания данных элементов в почве на данном варианте не наблюдается.

Таким образом, при применении оптимальной технологии, растительные остатки могут стать подходящим элементом в системе окультуривания городских земель.

УДК 631.674.3

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАЛООБЪЕМНОГО ОРОШЕНИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОГО ПРИКАСПИЯ**

**М.А. Сазанов**

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия, Россия

Обширная территория юга и юго-востока Европейской части Российской Федерации, площадью около 10 млн. га, заключенная в пределах Прикаспийской низменности между реками Волга и Терек (Астраханская и Волгоградская области, Ставропольский край, Республики Калмыкия и Дагестан) обладает очень ограниченными ресурсами пресной воды. Поэтому, для обеспечения всех потребностей народного хозяйства данных субъектов ЮФО, приходится осуществлять постоянное перераспределение водных ресурсов и привлечение до 90 % из них с сопредельных территорий (бассейнов р.р. Волга, Терек и Кубань) посредством очень протяженной сети магистральных и распределительных ка-

налов, выполненных в земляном русле. В сочетании с общепринятыми поверхностными способами полива (по бороздам и затопление по чекам) непроизводительные потери воды на фильтрацию, испарение и сброс на оросительных системах очень значительны – от 30 до 50 %.

С учетом огромных затрат денежных и энергетических ресурсов, связанных с механическим забором и подъемом воды из р. Волги, рациональное (минимизированное) использование ее для достижения максимального экономического эффекта в орошаемом земледелии аридной зоны, как доказано многолетней отечественной и зарубежной практикой, обеспечивается технологиями так называемого малообъемного орошения (МОО), к видам которого относятся:

- капельное орошение (КО), обеспечивающее подачу строго нормированного количества воды и растворенных в ней питательных веществ непосредственно в корнеобитаемый слой почвы в виде капель или небольшой струи;

- мелкодисперсное дождевание (МДД), обеспечивающее за счет частого и непрерывного распыления воды, диспергированной на мелкие капли, регулирование микроклимата в приземном слое почвы и надземной части растений;

- синхронно-импульсное дождевание (СИД), обеспечивающее регулирование микроклимата в приземном слое воздуха и оптимальную влажность активного слоя почвы на протяжении всего сезона за счет очень частого импульсного выброса дождя с очень малой интенсивностью;

- внутрипочвенное орошение (ВПО), при котором вода подается в увлажнители, расположенные на глубине 0,4...0,6 м, и увлажнение осуществляется за счет капиллярного поднятия.

Данные способы полива, при сокращении объемов подаваемой на орошаемые поля воды на 30...60 %, по сравнению с поверхностными поливами и дождеванием обладают неоспоримыми преимуществами формирования оптимальных параметров водного, воздушного и питательного режимов в соответствии с конкретными требованиями растений в определенную фазу их развития, что позволяет получать стабильно высокие урожаи (в 1,3...2 раза превышающие их уровень при других способах орошения).

В то же время основным сдерживающим фактором развития технологий малообъемного орошения является высокая стоимость оборудования, которая достигает 5 тыс. долларов США на 1 га (системы капельного орошения). Но, как показывает практика, при возделывании высокорентабельных с.-х. культур (овощных, бахчевых, плодово-ягодных и винограда) в современных рыночных условиях обеспечивается окупаемость систем МОО в течение 1...3 лет.

Для возможности комплексной оценки на эффективности способов малообъемного орошения разработана зональная шкала, позволяющая определить степень их влияния на формирование и регулирование микроклимата в приповерхностном слое воздуха водно-солевого режима в корнеобитаемом слое поч-

вы и продуктивности сельскохозяйственных культур применительно к аридным условиям юга и юго-востока Европейской части РФ.

Агроэкологическая оценка осуществлена по 3 уровням градации степени влияния способов МОО на почвы и растения: 1- критический (предельно допустимый); 2 - удовлетворительный (допустимый); 3 - оптимальный (наилучший).

Рассмотрен практически весь набор основных с.-х. культур, возделываемых в данной зоне до настоящего времени и перспективных, в первую очередь, по тепловым ресурсам (это касается овощных, бахчевых, плодово-ягодных растений и винограда).

Для зерновых культур (озимая и яровая пшеница, кукуруза), кормовых (люцерна, суданская трава, кукуруза, козлятник), масличных (подсолнечник, горчица, соя, рапс), овощных (томаты, капуста, огурцы, перцы, баклажаны, морковь, свекла, лук, чеснок и редис), бахчевых (арбузы, дыни, тыква и кабачки), картофеля, технических (хлопчатник, табак), виноградников, плодовых и ягодников приведены соответствующие трем уровням оценки оптимальные параметры: режима орошения (% от НВ) и содержания токсичных солей в почве в зависимости от ее гранулометрического состава (легкого, среднего и тяжелого); относительной влажности и температуры приповерхностного слоя воздуха; урожайности при различных способах малообъемного орошения (капельного, мелкодисперсного и синхронного импульсного) и для сравнения – наиболее распространенного метода полива – обычного дождевания.

Фрагмент шкалы применительно к почвам среднего гранулометрического состава представлен в таблице 1. Данная форма дает возможность визуального сравнения способов полива между собой и определения степени влияния малообъемного орошения на состояние и продуктивность культур в зависимости от соблюдения заданных параметров водно-солевого и температурного режима. В ней учтены следующие особенные моменты: во-первых, это принципиально идентично-оптимальные условия при возделывании влаголюбивых овощных, бахчевых, масличных, технических и плодово-ягодных культур создаются как при капельном орошении, так и в варианте (МДД + дождевание); во-вторых, уровень урожайности люцерны синхронным импульсным дождеванием аналогичен варианту аэрозольного орошения (применяемому в сочетании с обычным дождеванием), т.к. в обоих случаях создаются оптимальные условия по фитоклимату и увлажнению; в-третьих, наибольшая эффективность МОО достигается только при оптимальном сочетании поливных норм и доз минерального питания, особенно в критические периоды развития конкретных видов с.-х. культур (цветение и бутонизация, формирование и развитие зерен, семян, плодов и др.), с учетом изменения глубины активной (корнеобитаемой) зоны по мере роста растений; в-четвертых, учтена современная тенденция наиболее усиленного развития систем капельного орошения, обладающих мобильностью и возмож-



Таблица 1 - Зональная шкала оценки влияния малообъемных способов орошения на регулирование фитоклимата, водно-солевого режима среднесуглинистых почв и продуктивность с.-х. культур для аридных регионов Прикаспия России

Вид с.-х. культур	Уровень оценки	Режим орошения, % НВ	Содержание токсичных солей в почве, %	Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха, °С	Урожай, т/га			
						Способы малообъемного орошения			Дождевание
						КО	МДД	СИД	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Яровая пшеница (зерно)	1	65	0,16	40...50	30...37	-	3...4	-	2...3
	2	65...70	0,12	50...60	25...30	-	4...5	-	3...4
	3	65...70...65	0,08	60...70	18...25	-	5...6	-	4...5
Кукуруза (зерно)	1	70	0,05	40...50	40...45	-	6...7	-	5...6
	2	70...75	0,03	50...60	32...40	-	7...8	-	6...7
	3	70...75...70	0,02	60...70	25...32	-	8...11	-	7...9
Люцерна (сено)	1	65	0,07	40...50	37...40	-	10...15	10...15	8...12
	2	65...70	0,05	50...60	30...37	-	15...20	15...20	12...15
	3	70...75	0,04	60...70	25...30	-	17...25	17...25	15...20
Суданская трава (сено)	1	65	0,07	40...50	37...40	-	9...12	-	7...10
	2	65...70	0,05	50...60	30...37	-	12...16	-	10...15
	3	70...75	0,04	60...70	25...30	-	16...22	-	15...18
Кукуруза (на зел. корм и силос)	1	70...75	0,05	40...50	37...40	-	60...70	-	40...50
	2	75	0,03	50...60	30...37	-	70...80	-	50...60
	3	75...80	0,02	60...70	25...30	-	80...100	-	60...70
Картофель	1	70	0,05	45	31...40	20...25	20...25	-	15...20
	2	70...75	0,04	50...60	25...30	30...40	30...40	-	20...25
	3	75	0,002	60...70	20...25	35...40	35...40	-	25...30
Томаты	1	65...70	0,06	45	40...45	50	50	-	40
	2	75...80	0,04	50...60	32...40	60...80	60...80	-	50
	3	80...85...80	0,03	60...70	25...32	80...100	80...100	-	60

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Капуста	1	70...75	0,12	50...65	35...39	80...100	80...100	-	50...70
	2	75...80	0,09	65...80	30...35	100...120	100...120	-	70...100
	3	80...85...80	0,06	80...95	25...30	120...150	120...150	-	100...120
Лук	1	75	0,05	50...65	30...32	20...30	20...30	-	15...20
	2	75...80	0,03	65...80	25...30	30...40	30...40	-	20...30
	3	80...90	0,02	80...95	20...25	40...60	40...60	-	30...50
Арбузы	1	65...70	0,06	40...50	40	40...50	-	-	20...30
	2	70...75	0,04	50...60	30...40	50...60	-	-	30...50
	3	80...85...75	0,03	60...70	25...35	60...80	-	-	40...60
Дыни	1	65...70	0,03	40...50	35...40	10...15	-	-	7...10
	2	75...80	0,02	50...60	30...35	15...20	-	-	10...15
	3	75...85...75	0,01	60...70	25...30	20...30	-	-	15...20
Горчица (семена)	1	70	0,21	40...50	30...35	-	1,2...1,5	-	1,0...1,2
	2	70...75	0,15	50...60	27...30	-	1,5...2,0	-	1,2...1,5
	3	70...75...70	0,10	60...70	25...27	-	2,0...3,0	-	1,7...2,0
Соя (бобы)	1	70...75	0,13	50...60	40...45	3,0...3,5	3,0...3,5	-	2,0...2,5
	2	75	0,10	60...70	30...40	3,5...4,0	3,5...4,0	-	2,5...3,0
	3	75...80...75	0,06	70...80	22...30	4,0...4,5	4,0...4,5	-	3,5...3,8
Хлопчат- ник (сырец)	1	60	0,14	25...30	40...45	3...4	3...4	-	2...3
	2	60...65	0,10	30...35	30...40	4...5	4...5	-	3...4
	3	65...70...75	0,07	35...40	25...30	5...5,5	5...5,5	-	4...4,5
Виноград	1	70	0,05	50...60	30...32	5...7	4...6	-	-
	2	70...75	0,03	60...70	28...30	7...10	6...8	-	-
	3	75...80	0,02	70...80	25...28	9...12	8...10	-	-
Плодовые	1	65...70	0,05...0,07	50...60	28...32	15...18	-	18...22	12...15
	2	70	0,04...0,05	60...70	25...28	18...20	-	22...25	15...18
	3	70...75	0,02...0,04	70...80	20...25	20...23	-	25...30	18...20
Ягодные	1	65...70	0,05...0,20	50...60	28...38	10...12	8...10	-	4...7
	2	70	0,03...0,15	60...70	25...28	12...16	10...15	-	6...10
	3	70...75	0,02...0,10	70...80	20...25	15...20	13...18	-	8...16

ностью быстрого перебазирования в условиях мелкоконтурного и оазисного (очагового) орошаемого земледелия при овощеводческой и бахчеводческой специализации, в то время, как системам внутрипочвенного орошения и синхронного импульсного дождевания присущи стационарные условия и они находят в аридной зоне более слабое применение.

Рассмотренная шкала агроэкологической оценки малообъемных способов полива не является всеобъемлющей. В нее могут добавляться и другие критерии (например, параметры питательного режима, контура увлажнения и т.п.), а также изменяться показатели дифференцированного режима орошения в зависимости от конкретных локальных почвенно-климатических условий и сортового состава с.-х. культур.

УДК 631.674.5 (470.17)

## **ТЕХНОЛОГИИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ КАЛМЫКИИ**

**М.А.Сазанов, Н.Д. Арнаев**

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Россия

Для территории Республики Калмыкия, расположенной на юго-востоке Европейской части РФ, характерны сильная степень аридности климата (обилие тепла при сильном дефиците атмосферных осадков и водных ресурсов) и сложные почвенно-мелиоративные условия (комплексность почвенного покрова с высокой степенью природного засоления и осолонцевания, бессточность и наличие высокоминерализованных грунтовых вод). Орошение с.-х. культур поверхностными способами и дождеванием, как показала многолетняя практика, приводит к огромным непроизводительным потерям воды на фильтрацию, сброс, испарение и ухудшению экологической обстановки (вторичному засолению и осолонцеванию земель, их подтоплению и т.д.). Избежать данных негативных явлений позволяет только применение более совершенных технологий полива, в частности систем микроорошения (капельного, аэрозольного, синхронного и локально-импульсного).

В Калмыкии первая система капельного орошения (КО) появилась только в 2003 г. на землях СПК «Исток» Октябрьского района. Участок площадью 10 га представляет собой систему конструкции фирмы «Evrodrip» (Греция). В качестве поливного трубопровода используется капельный ороситель «Eolos» в виде цельнотянутых тонкостенных трубок из полимерных материалов с внутренним диаметром 16,1...20,2 мм и толщиной 8 мл (200 мк), на которых через 300 мм расположены микроводовыпускные отверстия с расходом воды 1,3 л/ч. Длина лент – 150...200 м. Прокладываются они по поверхности почвы непосредственно вдоль рядков с.-х. культур. Забор воды осуществляется из пруда-

копани с подпиткой от канала Сарпинской обводнительно-оросительной системы (водоисточник – река Волга) при помощи насоса производительностью 290 м<sup>3</sup>/ч (80,5 л/с). Затем вода проходит тонкую очистку на специальном фильтре и по распределительным трубопроводам поступает на капельные ленты и затем в почву к корням растений. Для возможности подачи с поливной водой питательной подкормки имеется дозатор минеральных удобрений. Рабочее давление в системе поддерживается на уровне 0,55...1,0 атм.

Исследования, проведенные на данном участке в 2003...2006 гг., позволили отработать технологии возделывания овоще-бахчевых культур при капельном орошении применительно к условиям полупустынной зоны (табл. 1).

Почвенный покров представлен зональными бурыми полупустынными тяжелосуглинистыми почвами в комплексе с солонцами. Характерной особенностью является близкое залегание горизонтов сильного засоления (бурая п/п почва – на глубине 0,6...0,8 м; солонец – 0,2...0,4 м). Грунтовые воды находятся на уровне 3...5 м. Содержание гумуса в пахотном слое 0...0,4 м - низкое (1,4...1,9%). Обеспеченность подвижными формами азота и фосфора – средняя и низкая, калия – высокая и очень высокая.

Таблица 1 - Параметры водного и питательного режимов при капельном орошении и продуктивность с.-х. культур в условиях полупустынной зоны Калмыкия

С.-х. культура	Режим орошения, % НВ	Дозы минеральных удобрений, кг д.в./га	Средний урожай, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
Томаты	70...80...70	без удобрений	41,7	81,5...98,3
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub>	50,3	67,6...81,5
		N <sub>150</sub> P <sub>80</sub>	59,3	57,3...69,1
Арбузы	70...80...70	без удобрений	29,4	149,8...155,2
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub>	37,3	118,8...121,7
		N <sub>150</sub> P <sub>80</sub>	47,1	94,3...96,2
	75...85...75	без удобрений	35,4	129,8...134,5
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub>	47,2	100,7...104,0
		N <sub>150</sub> P <sub>80</sub>	58,6	84,6...80,2

Для стабильного получения урожая плодов томата на уровне 50...60 т/га при капельном орошении необходимо выдерживать дифференцированный режим полива: в первоначальный период развития растений (от момента высадки рассады до фазы начала цветения) и на заключительном этапе вегетации (созревание и сбор плодов) предполивной порог влажности должен составлять 70% от НВ, а в наиболее интенсивный и критический период (от цветения до

образования и роста плодов) – 80% НВ. В зависимости от конкретных погодных условий для соблюдения данного режима требуется в первый год проведение 3...6 поливов томатов нормой 116 м<sup>3</sup>/га, во вторую фазу – 6...8 поливов нормой 116 м<sup>3</sup>/га и до 10 поливов (116...174 м<sup>3</sup>/га) в конце вегетации. Оросительные нормы составляют 3,4...4,1 тыс. м<sup>3</sup>/га. Максимальная урожайность (60 т/га) и наименьшее водопотребление достигаются на фоне внесения минеральных удобрений в дозе N<sub>150</sub>P<sub>80</sub> дробным способом (основная доза N<sub>70</sub>P<sub>80</sub> под вспашку и ряд подкормок небольшими дозами N<sub>4,0...5,0</sub> вместе с поливной водой), в то время как без удобрений продуктивность на 43,9% ниже (41,7 т/га), а ее уровень 50 т/га обеспечивается при фоне N<sub>90</sub>P<sub>45</sub>. Схема посадки 1,4 x 0,3 м, что соблюдается при расстоянии между поливными трубопроводами с капельницами 1,4 м.

Опыты по изучению технологии возделывания арбузов при КО показали, что наибольший выход плодов (58,6 т/га в среднем за 2 года) обеспечивался при выдерживании дифференцированного поливного режима (75% НВ – в период от посадки до цветения, в фазу цветения и роста плода – 85% НВ и далее до созревания – опять 75% НВ) на фоне минеральных удобрений в дозе N<sub>150</sub>P<sub>80</sub>. Без применения удобрений урожайность уменьшается на 65,5% (до 35,4 т/га). При снижении порога дифференцированности полива до 70...80...70% НВ уменьшается и урожайность (максимум при N<sub>150</sub>P<sub>80</sub> – только 47,1 т/га, что соответствует урожайности наилучшего варианта увлажнения, но при меньшей дозе удобрений - N<sub>90</sub>P<sub>40</sub>). Более высокой продуктивности присущи и более низкие коэффициенты водопотребления.

Для обеспечения режима увлажнения на уровне 75...85...75% НВ необходимо проведение, соответственно, 2...4 поливов нормой 21...42 м<sup>3</sup>/га, 12...14 поливов нормой 105 м<sup>3</sup>/га и 8...9 поливов нормой 126 м<sup>3</sup>/га. Общее количество поливов – 29...33, оросительная норма 2,3...3,4 тыс. м<sup>3</sup>/га.

При режиме 70...80...70% НВ необходимо давать 21...24 полива (1...2 шт. – нормой 21...42 м<sup>3</sup>/га, 12 шт. – нормой 126 м<sup>3</sup>/га и 5...6 шт. – по 168 м<sup>3</sup>/га). Оросительная норма 1,9...2,8 тыс. м<sup>3</sup>/га.

Оптимальная схема посадки арбузов 2,1 x 1,0 м. Расстояния между поливными трубопроводами с капельницами – 4,2 м. Для получения плодов в более ранние сроки посева осуществляются в начале-середине апреля под пленку.

Анализ динамики химического состава почв показывает, что при соблюдении предложенных режимов работы системы капельного орошения под посевами томатов и арбузов интенсивных процессов соленакопления не наблюдается, а, наоборот, происходит промывка верхнего слоя (0...40 см).

Сравнение показателей экономической эффективности капельного орошения (табл. 2) говорит о том, что несмотря на высокую стоимость оборудования (165 тыс. руб/га) при уровне урожая томатов 50 т/га окупаемость достигается на второй год ее эксплуатации, при достижении 60 т/га – уже в первый год.

Таблица 2 - Экономическая эффективность капельного орошения в Калмыкии

С.-х. культуры (режим орошения, %НВ)	Уро-вень уро-жая, т/га	Отток финансовых средств, тыс. руб/га				Приток финансо-вых средств (выручка от реали-зации про-дукции), тыс. руб/га	Чистый доход (тыс. руб/га) при сроке окупаемости системы КО		
		Про-извод-ственные затра-ты	Распределенная стоимость систе-мы КО при сроке ее окупаемости				1 год	2 года	3 года
			1 год	2 года	3 года				
Томаты (70...80...70)	41,7	46,0	165,0	82,5	55,0	104,2	-	-	3,2
	50,3	54,0	165,0	82,5	55,0	125,8	-	16,8	38,8
	59,3	65,0	165,0	82,5	55,0	149,5	2,0	29,5	51,5
Арбузы (70...80...70)	29,4	62,0	165,0	82,5	55,0	147,0	-	2,5	30,0
	37,3	64,6	165,0	82,5	55,0	187,0	-	39,9	67,4
	47,1	67,3	165,0	82,5	55,0	235,0	-	85,7	112,7
Арбузы (75...85...75)	35,4	68,0	165,0	82,5	55,0	177,0	-	26,5	54,0
	47,2	70,6	165,0	82,5	55,0	286,0	0,4	82,9	110,4
	58,6	73,3	165,0	82,5	55,0	293,0	54,7	137,7	164,7

Еще более высокоэкономичные результаты получаются при возделывании арбузов. При режиме орошения 75...85...75% НВ при достижении урожая 47,2 т/га система КО окупается уже в первый год эксплуатации, а при 58,6 т/га – еще и с чистым доходом более 50 тыс. руб/га.

Вместе с тем, опыт капельного орошения в других соседних регионах юго-востока ЕЧ России (Астраханская и Волгоградская области, Дагестан) показывает, что можно стабильно получать и более высокие урожаи данных с.-х. культур (томатов – до 80...100 т/га, арбузов – до 80 т/га). На наш взгляд, к одному из негативных факторов, не позволяющих достигать максимальной продуктивности в условиях Калмыкии, относится сильная аридность климата. Общеизвестно, что главной особенностью КО является создание оптимального увлажнения только в контуре почвы вокруг растений, где непосредственно размещается корневая система. Надземная же часть растений и поверхность почвы в междурядьях подвергается сильному иссушению, т.к. в летний период температура воздуха в полупустыне и пустыне достигает + 40<sup>0</sup> С и более, а относительная влажность воздуха снижается до 15...20%. В таких экстремальных условиях наблюдается значительное снижение фотосинтетической деятельности и асси-

миляции (вплоть до полного их прекращения), что и приводит к снижению урожайности и растрескиванию плодов.

Поэтому наряду с капельным поливом требуется дополнительное регулирование микроклимата в приземном слое воздуха и надземной части культур путем снижения его температуры до  $+ 20...+ 30^{\circ} \text{C}$  и повышения уровня относительной влажности до 50% и более, что возможно на основе применения специальных систем так называемого аэрозольного орошения (мелкодисперсного дождевания), обеспечивающих ежедневное с периодичностью в 1 час распыление воды, диспергируемой на мелкие капли размером  $100...60 \text{ мкм}$ , разовыми нормами  $3...5 \text{ м}^3/\text{га}$ . Для этих целей можно также использовать промышленные агрегаты и машины, по химической защите растений – опрыскиватели и др.

Таким образом, на территории аридной зоны Калмыкии наиболее перспективным является использование комбинированных систем малообъемного орошения (капельного в сочетании с аэрозольным), обеспечивающих экономное расходование воды и максимальную продуктивность орошаемых земель и в ближайшем будущем общая площадь таких систем может превысить 1 тыс. га.

УДК 631.4; 574; 631.6

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЗОНЫ АЭРАЦИИ**

**В.М. Яшин**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В научной и публицистической литературе активно рассматриваются проблемы истощения ассимиляционных возможностей планеты Земля. Принятые международные соглашения по ограничению или снижению техногенных нагрузок пока не приводят (в глобальном плане) к позитивным результатам.

Необходимость разработки стратегии природопользования, разработки методов предотвращения и ликвидации кризисных экологических ситуаций обусловили интенсивное развитие научных дисциплин экологической направленности.

Исследования состояния компонентов природной среды, процессов трансформации их под влиянием различных направлений человеческой деятельности и природных факторов, установление закономерностей природно-антропогенных процессов занимает значительное место в современном научном поиске. Результаты позволяют в большинстве случаев прогнозировать возникновение неблагоприятных экологических последствий и разрабатывать методы и технологии их предотвращения.

В сфере сельскохозяйственного производства находят широкое применение агротехнологии на основе систем адаптивно-ландшафтного земледелия, а также систем точного земледелия, позволяющих разрабатывать ресурсосбере-

гающие и природосберегающие технологии сельскохозяйственного производства.

Одним из структурных элементов ландшафтов, интенсивно вовлекаемых в сферу антропогенных воздействий, является зона аэрации. В то же время она может рассматриваться как самостоятельный природный объект, имеющий чёткие границы в пространстве. Наиболее общее (и, по нашему мнению, правильное) определение её приведено в словаре по гидрогеологии инженерной геологии (словарь, 1971 год), согласно которому «зона аэрации – самая верхняя зона земной оболочки между дневной поверхностью и зеркалом грунтовых вод». Мощность зоны аэрации равна глубине залегания грунтовых вод и для данного места не является постоянной величиной. Ниже зоны аэрации залегают полностью водонасыщенные отложения, представляющие горизонт грунтовых вод. В частном случае ниже зоны аэрации могут залегать водоупорные отложения.

Строение зоны аэрации, как правило, характеризуется неоднородностью по разрезу. В верхней части её мощностью от 0,2-0,3 м до 1,5-2,5 м располагается почва (почвенный слой или почвенный горизонт), характеризующийся наличием биологической компоненты и органических веществ. Нижняя граница почв не всегда чётко выражена. Ниже почвенного слоя залегают породы зоны аэрации или «материнские» породы по терминологии почвоведов. В зависимости от генезиса они могут быть представлены различными литологическими разностями в широком спектре от валунно-галечниковых отложений (террасы горных рек) до ленточных глин.

Мощность зоны аэрации на Европейской части территории России закономерно увеличивается с севера на юг и юго-восток. Распределение её примерно соответствует зональности грунтовых вод по В.С. Ильину. Анализ «Карты зоны аэрации» масштаба 1:5000000 (ВСЕГИНГЕО, 1983) от Балтийского до Каспийского моря по линии Санкт-Петербург-Астрахань показывает, что мощность зоны аэрации на водораздельных пространствах изменяется по участкам Санкт-Петербург-Новгород в пределах 0-3 м; Новгород-Тверь – 0-10 м; Тверь-Москва – 0-10 м; Москва-Тула от 0-20 до 20-50 м; Тула-Воронеж - от 10-20 до 20-50 м; Воронеж-Волгоград – 10-20 м (реже 20-50 м); Волгоград-Астрахань от 10-20 до 0-10 м и ниже Астрахани – в пределах 0-3 м.

На обширных равнинных пространствах Западной Сибири от Салехарда до Новосибирска мощность зоны аэрации, как правило, незначительна (0-3 м) и лишь на ограниченных территориях достигает 10 м. В направлении Алтая происходит увеличение мощности зоны аэрации и в предгорной зоне она достигает 50 и более метров.

Атрибутивным свойством зоны аэрации является постоянное наличие трёхфазной системы – твёрдые частицы (почва, порода), поровая влага и поровой воздух. Содержание двух последних изменяется в зависимости от климати-



ческих факторов, литологического строения, мощности зоны аэрации, режима орошения, осушения и др. В зоне аэрации может быть распространена парообразная, гидроскопическая, плёночная, капиллярная и гравитационная влага. В нижней части зоны аэрации от грунтовых вод вверх формируется область капиллярной каймы, высота которой определяется структурой порового пространства слагающих отложений. В песках высота капиллярного поднятия составляет 0,4-0,5 м, а в суглинках достигает 2-2,5 и более метров.

Динамика влажности почв или пород зоны аэрации в верхней её части характеризуется сезонностью водопоступления (атмосферных осадки, поливы) на поверхность почвы и определяется величиной испарения и эвапотранспирации. Эту область называют областью активного влагооборота. Её наличие обусловлено деятельностью биологической компоненты в рамках биологического круговорота веществ. При значительной мощности зоны аэрации по характеру сезонного режима влажности ниже зоны активного водообмена располагается транзитная зона, в которой поток влаги постоянно направлен в соответствии с градиентом потенциала почвенной влаги.

При наличии в зоне аэрации слабопроницаемых литологических слоёв на последних в результате интенсивной инфильтрации атмосферных осадков может формироваться временный водоносный горизонт (верховодка). Такие явления ежегодно наблюдаются после весеннего снеготаяния в Саратовском Заволжье на Высоких Сыртах, где верховодка формируется в покровных суглинках на водоупорных сыртовых глинах под влиянием лесных полос. В летний период она расходуется на эвапотранспирацию и перетекание в нижележащие горизонты зоны аэрации, мощность которой составляет 15-25 м.

Зона аэрации, занимая географическое (пространственное) положение между дневной поверхностью Земли и грунтовыми водами, участвует в выполнении многих ландшафтных функций, общий перечень которых (по В. Дроздову, Н.А. Алексеенко, 2006) представлен ниже:

- 1) биопродукционная;
- 2) почвообразующая (отчасти минерало- и породообразующая);
- 3) биотоническая (обеспечивающая разнообразие местообитаний);
- 4) регулирующая, водо- и климатоформирующая, газообменная;
- 5) селитебная, транспортная, лесо-, водо-, сельскохозяйственная;
- 6) санитарно-гигиеническая, рекреационная;
- 7) информационная и культуроформирующая;
- 8) арена добычи полезных ископаемых.

Значимость зоны аэрации просматривается в функционировании ландшафта практически по всему комплексу функций, но наибольшую значимость она приобретает в выполнении почвообразующей, биоресурсной, регулирующей, селитебной и санитарно-гигиенической функций.

В рамках развития общих экологических знаний к настоящему времени сформировались научные направления, в которых были созданы учения об экологических функциях литосферы (В.Г. Трофимов и др., 2000) экологических функциях почв (Т.В. Добровольский, Е.Д. Никитин, 2000), позволяющие установить экологическую значимость природных объектов различных иерархических уровней. Содержание экологических функций литосферы:

1) ресурсная экологическая функция литосферы – функция, определяющая роль минеральных, органических и органоминеральных ресурсов и геологического пространства литосферы для жизни и деятельности биоты как в качестве биогеоценоза, так и социальной структуры;

2) геодинамическая экологическая функция литосферы – функция, отражающая свойства литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления;

3) геохимическая экологическая функция литосферы – функция, отражающая свойство геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом, включая человека, в частности;

4) геофизическая экологическая функция литосферы – отражающая свойства геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая человека.

Глобальные функции почв (Е.Д. Никитин и др., 2005) включают гидросферные, атмосферные, литосферные, общебиосферные и ландшафтные.

Основные экологические функции биосферы показывают, что «почвы являются областью напряжённого взаимодействия различных приповерхностных геосфер, планетарный узел экологических связей» (Е.Д. Никитин и др., 2005).

Группа атмосферных функций почв включает в себя: поглощение и отражение почвой солнечной радиации; регулирование влагооборота атмосферы; поставку в воздушную оболочку твёрдого вещества и микроорганизмов; поглощение и удержание некоторых газов от ухода в космическое пространство, регулирование газового режима атмосферы.

Литосферные функции почвы включают в себя: биохимическое преобразование верхних слоёв литосферы при участии почвообразовательного процесса; роль почвы как источника вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых; вклад почвы в защиту литосферы от чрезмерной эрозии, в обеспечение условий её нормального развития и др.

В группе общебиосферных функций почва выступает как среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши. Этносферные функции почвы существенно определяют этногенез и жизнь этносферы.

Все рассмотренные экологические функции почв присущи зоне аэрации, т.к. почва является верхней ее частью. Выполненный анализ экологических

функций природных объектов различных иерархических уровней позволяет выделить следующие экологические функции зоны аэрации как природного объекта.

1. Зона аэрации – среда для развития почвообразовательных процессов и функционирования почв. Данную функцию следует рассматривать в качестве основной.

2. Биопродукционная и биотопическая функции и среда, где осуществляются биологический круговорот и связь между биологическим и геологическим кругооборотами.

3. Регулирующая и защитная функции зоны аэрации.

4. Зона аэрации – среда для строительства и добычи полезных ископаемых.

5. Эколого-социальные функции, формирующие уклад жизни и культуру этносов.

Рассмотрим подробнее регулирующие и защитные функции зоны аэрации. Предлагается зону аэрации рассматривать в качестве природного объекта – **экологического демпфера**. В технике демпфер - это устройство, снижающее амплитуды колебаний в системе «вход-выход». Демпфирующие функции зоны аэрации обусловлены резким снижением скоростей потоков влаги на её верхней границе и приповерхностном слое. На рисунке 1 приведены данные по скоростям переноса влаги в различных природных объектах - атмосфере, в поверхностном стоке, реках и подземных водах (Leman, 1979). Эти данные дополнены автором по зоне аэрации. Приведенные материалы наглядно показывают замедление потоков влаги после поступления ее в зону аэрации.

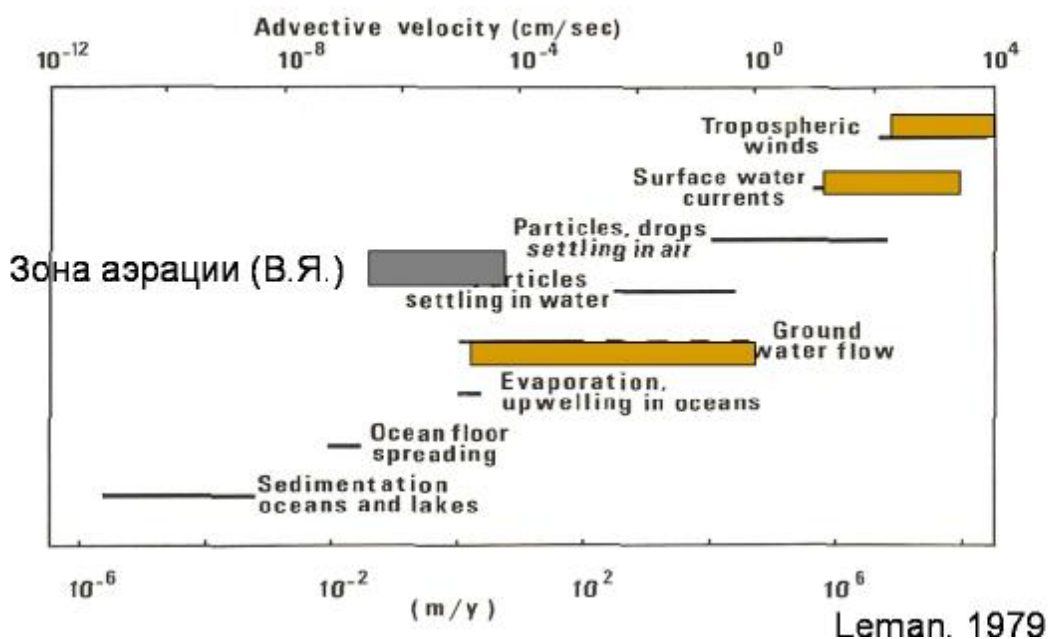


Рисунок 1 - Распределение скоростей потоков влаги и частиц в компонентах природной среды

Многочисленные данные наблюдений за режимом влажности в зоне аэрации показывают, что амплитуды сезонных колебаний закономерно уменьшаются от приповерхностного слоя почвы до глубины 1,5-2,5 м (в зависимости от водопоступления), а ниже сезонные колебания влагосодержания минимальны или приближаются к нулю, что подтверждают демпфирующую роль зоны аэрации в водном режиме.

Анализ многолетнего режима грунтовых вод на территории СССР, выполненный А.В. Лебедевым (Лебедев А.В., 1980) позволил установить закономерности изменения результирующей величины инфильтрационного питания грунтовых вод от глубины их уровня (рис. 2). На графиках видна регулирующая роль мощности зоны аэрации. Можно отметить, что величина коэффициента инфильтрации (правый график) остается практически постоянной с глубины 3,5-4,0 м.

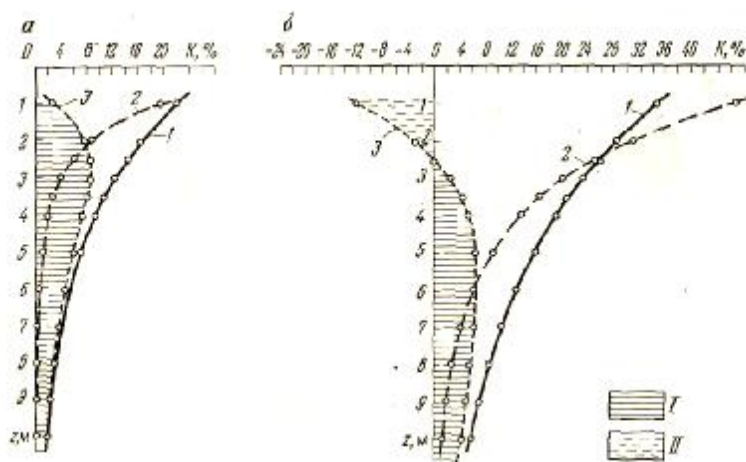


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента инфильтрационного питания грунтовых вод от мощности зоны аэрации (Лебедев, 1980)

Представленные предложения позволяют выделить мелиоративные задачи, состоящие в усилении демпфирующих свойств (ассимиляционной емкости) зоны аэрации и разработке мелиоративных технологий использования регулирующих свойств зоны аэрации.

### Литература

1. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии.-М.: Недра, 1971.
2. Дроздов А.В., Алексеенко Н.А. Ландшафтное планирование и конфликты природопользования // Природопользование и устойчивое развитие, Мировые экосистемы и проблема России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. с. 359-368
3. Зонн С.В., Иванова Н.Б. Зона аэрации и её значение в водном режиме степей // Почвоведение, 1997, №10, с. 1186-1199
4. Лебедев А.В. Формирование баланса грунтовых вод на территории СССР.-М.: Недра, 1980.-287 с.

5. Трофимов В.Г., Зилинг Д.Г., Барябошкина Т.А. и др. Экологические функции литосферы. –М.: Изд-во МГУ, 2000.-432 с.

6. Шабанов В.В., Бунина Н.П. Элементы продуктивования биогеохимических барьеров на водосборах Нечернозёмной зоны России // сб. научн. Тр. «Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России» Часть 2, М., 2005-с. 298-314

7. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: Функционально-экологический подход.-М.: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика»,2000.-185 с.

8. Никитин Е.Д., Кочергин А.Н., Скворцова Е.Б. и др. О междисциплинарном значении учения об экологических функциях почвы и биосферы //Почвоведение: история, социология, методология/отв. Редактор В.Н. Кудяров, И.В. Иванов.-М.: Наука, 2005. с. 217-223.

## ***ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ***

УДК 330.524:628.176

### **РЫНОЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**Н.М. Абдуразакова, У.Р. Сангирова**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Средняя Азия, расположенная в самом центре Евразии, захватывает зону субтропических широт и южную окраину умеренных широт. Географическое положение территории в зоне внутриматериковых пустынь, удаленность на тысячи километров от морей и океанов и характер орфографического строения обуславливают основные черты климата, в первую очередь четко выраженную континентальность, сухость и связанную с этим гидрографическую сеть, режим рек. В связи с этим возникла необходимость искусственного орошения большей части равнинных и предгорных районов Средней Азии. При орошении здесь получают богатые урожаи ценнейших продовольственных и технических культур.

Республика Узбекистан - водо-дефицитная страна, которая располагает всего лишь 20% воды внутри страны от общего объема водных ресурсов, необходимых для орошаемого земледелия и внутреннего потребления. Остальные 80% пополняются с территорий Таджикистана и Кыргызстана. Около 97% общей сельхозпродукции производится на орошаемых землях с использованием 50% общего стока рек Амударьи и Сырдарьи Аральского бассейна.

Более 90% всей воды в Узбекистане используется в сельскохозяйственном секторе, который охватывает 4,2 млн. га пахотной земли. На площади более 50% этой земли используют поливную воду, которую подают на поля с помощью насосных станций. Орошаемое земледелие является главным сектором национальной экономики Узбекистана и составляет 35 % ВВП страны. Орошаемое земледелие и переработка сельхозпродукции являются основными источниками трудоустройства населения всего Узбекистана. Почти половина трудоспособного населения Республики занята в сельскохозяйственном секторе и 25% дохода страны идет с реализации сельхозпродукции на зарубежных рынках.

В ближайшие 10-20 лет дефицит пресной воды может стать одной из главных проблем человечества. Пресная вода стремительно превращается в дефицитный природный ресурс. Недостаток воды порождает целый комплекс экономических, социальных и политических проблем, способных подорвать стабильность в мире и привести к глобальным потрясениям. Следствием дефицита воды являются неурожай и голод. Живительная влага-главное условие для существования аграрной отрасли. На производство тонны зерна уходит 1000 тонн воды; тонна картофеля требует 500-1500 тонн; то же количество курятины производится при помощи 3500-5700 тонн, а говядина «потребляет» от 15 000 до 70 000 тонн воды. Некоторые ученые считают, что нет проблемы недостатка воды, а есть проблема ее нерационального использования.

Водное хозяйство Узбекистана - высокоразвитая отрасль экономики, обеспечивающая водой сельское хозяйство, водоснабжение промышленных объектов, коммунальное хозяйство многочисленных городов и поселков, гидроэнергетику, рыбное хозяйство и является государственным органом управления водными ресурсами, планирования и распределения их по отраслям народного хозяйства и областям республики, а также ведет учет их рационального использования. Система поставки воды обеспечивается сложной инженерно-технической системой. В настоящее время в республике действуют 1470 насосных станций с 55045 установленными на них агрегатами, 4830 скважин вертикального дренажа, более 53 водохранилищ общей емкостью 16,5 миллиардов кубометров. Водное хозяйство имеет развитую инфраструктуру дорог, линии электропередач и связи.

Современное водное хозяйство Узбекистана - высокоразвитая отрасль, имеющая 250 оросительных систем, оборудованных водозаборными сооружениями. Протяженность оросительной сети составляет 192 тыс. км, в том числе, более 27 тыс. км межхозяйственных каналов. Протяженность коллекторно-дренажной сети составляет 149,3 тыс. км, в том числе закрытого горизонтального дренажа 37,2 тыс. км.

Однако недостаточное выделение финансовых средств для обеспечения должной эксплуатации и техобслуживания ирригационно-дренажной инфра-

структуры привело к ухудшению состояния ирригационно-дренажной системы, снижению пропускной способности каналов, значительным потерям воды, засолению воды и почвы, снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Ассоциация водопользователей (АВП) - это краеугольный камень для подъема сельскохозяйственного производства и рационального управления водными ресурсами на орошаемых землях, представляет собой организацию, объединяющую фермеров (самоуправляемая группа фермеров сообща эксплуатирует и содержит ирригационную и дренажную сеть, чтобы обеспечить справедливое распределение воды). Организация функционирует на некоммерческой основе. Создание АВП будет стимулировать участие фермеров в процессе принятия решений; способствовать более эффективному управлению водными ресурсами и решению ряда финансовых вопросов в эксплуатации и техническом обслуживании ирригационных систем.

Создание АВП и ее значимость связаны с последовательным переходом сельхозпроизводства на рыночные условия, с созданием частных фермерских хозяйств за счет реструктуризации ширкатных хозяйств и в связи с этим резкого увеличения количества вторичных водопользователей. АВП принимают активное участие в сохранении в рабочем состоянии водохозяйственных объектов, улучшении мелиоративного состояния земель.

Кроме того, по действующему Закону Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» все фермерские и дехканские хозяйства считаются вторичными водопользователями. Государственные органы водного хозяйства не берут на себя обязательства доставить воду вторичным водопользователям.

В настоящее время количество АВП в республике составила 894 шт. со стороны которых оказано услуг на площади 2,5 млн. га посевов, из них 946,6 тыс.га - посеvy хлопка, 692,0 тыс.га - посеvy зерна. В АВП имеются основные фонды стоимостью 78,8 млрд. сом.

В целях коренного совершенствования системы управления водным хозяйством в соответствии с требованиями рыночной экономики приняты ряд правительственных документов. Одним из них является Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 21 июня 2003 год №320 «О совершенствовании организации управления водным хозяйством», в котором отмечается переход от административно-территориального к бассейновому принципу управления ирригационными системами. В связи с этим республике организовано 11 бассейновых управлений.

К решению проблем водных ресурсов нужно подходить комплексно. Одним из основных мероприятий является необходимость разработки схем многолетнего регулирования стока основных рек и временных водотоков, включающих: рациональное использование поверхностных, подземных и коллекторно-дренажных вод; комплексные мероприятия по охране поверхностных и

подземных вод от загрязнения; ускоренную разработку вопроса опреснения минерализованных подземных и коллекторных вод; разработку региональных балансов пресных подземных вод с указанием возможных направлений их использования после удовлетворения промышленных и бытовых нужд населения. Успешное решение водоземельных проблем зависит также от экономного и эффективного использования воды. В этой связи необходимо создать технически совершенные оросительные системы и гидросооружения с механизацией и автоматизацией водораспределения и полива; разработать и применять наиболее эффективные и экономические конструкции противофилтрационных облицовок земляных русел каналов; нормативы орошения, обеспечивающие получение максимальной продукции на единицу объема воды, затраченной на орошение; выявить рациональные способы механизации полива сельскохозяйственных культур в различных природно-хозяйственных условиях, а также определение рационального состава культур на поливных землях.

В мире ведутся большие и разносторонние разработки по водным проблемам - это селекция новых засухоустойчивых культур, разработка системы пластиковых капилляров, которые будут подводиться прямо к корням растений, позволяющей экономить от 30 до 70% влаги. В республике также с учетом вододефицита проводится работа по внедрению водосберегающих технологий, систем капельного орошения и других достижений научно-технического прогресса. Экономическими приемами воздействия на рациональное водопотребление являются попытки перейти к платному водопользованию. В целом государственное регулирование водного хозяйства направлено на гарантированное обеспечение орошаемого земледелия и всех отраслей народнохозяйственного комплекса доброкачественной водой.

УДК 631.117

## **ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ЭКОСИСТЕМНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ**

**С.Я. Безднина**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

А.Н.Костяков в фундаментальных научных трудах, посвященных основам мелиорации, обосновал важнейшую роль и влияние водного фактора на формирование плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях. А.Н. Костяков писал: "...при мелиорациях необходимо правильно и высокопроизводительно использовать водные и земельные ресурсы соответствующих районов, что обеспечит непрерывный рост общественного производства и поднятие производительных сил этих районов" и далее "...создание нужного водного режима – восполнение дефицита влаги или уст-



ранение избытка ее в каждом конкретном случае должны соответствовать природным и хозяйственным условиям, что предопределяет плановое водопользование при мелиорациях" (А.Н. Костяков. Основы мелиораций. Сельхозгиз. 1960. С.9, 13.).

Развитие цивилизации на рубеже XX и XXI вв. сопровождается увеличением антропогенной нагрузки на природные ландшафты, поверхностные и подземные воды. Возрастают объемы изъятия водных ресурсов, нарушается естественный гидрохимический режим, увеличивается масса загрязняющих веществ антропогенного происхождения, сбрасываемых в водоемы и водотоки. Источником загрязнения воды является практически любая деятельность человека в пределах водосборного бассейна. Промышленные, коммунально-бытовые и сельскохозяйственные сточные воды, поверхностный сток, транспорт и энергетика являются основными источниками загрязнения водных экосистем, поступления в них тяжелых металлов, пестицидов, нитратного и аммонийного азота, фосфора, нефтепродуктов, фенолов, радиоактивных и других загрязняющих веществ. В результате изменяются физические и органолептические свойства воды, химический состав и биохимический режим водоемов, состав микроорганизмов, биопродуктивность. Кроме того, водоем становится источником поступления загрязняющих веществ по водно-трофическим цепям: вода - человек, вода - животные - человек, вода - почва - растение - человек, вода - почва - растение - животные - человек.

Главная цель водного хозяйства состоит в надежном обеспечении качественной водой населения и отраслей экономики. Достижение этой цели зависит от многих факторов и прежде всего от концепции водопользования, которая по существу отражает уровень развития общества и в значительной мере определяет перспективы социально-экономического развития. В качестве концепции водопользования на различных этапах развития общества принимались такие, как безаварийность сооружений, безаварийность водных объектов, максимальное удовлетворение требований водопотребителей и, наконец, принятая в 50-е годы концепция комплексного использования водных ресурсов, в соответствии с которой разрабатывались схемы перспективного развития водного хозяйства. Концепция комплексного использования водных ресурсов отражала принципы распределения воды между водопотребителями, покрытия дефицита воды за счет строительства новых водохранилищ, охраны вод путем введения новых очистных сооружений. Водохозяйственная деятельность разделилась на два направления: использование вод и охрана вод. Концепция позволила на определенном этапе создать основу для того, чтобы согласовать противоречивые требования на воду, учесть санитарные требования к водисточнику, требования безаварийности работы водохозяйственных объектов. Однако эта концепция была направлена на достижение промежуточных целей, не обеспечивая целостного решения проблемы.

Загрязнение поверхностных и подземных вод, формирование зон напряженной экологической ситуации определяют необходимость формирования новых подходов к решению проблемы водопользования. В сложившемся водопользовании преобладает потребительский аспект. Водоохранная деятельность, нацеленная на борьбу со следствиями локальных загрязнений, реализуется со значительным отставанием от природоразрушающего производства.

В условиях нарастающей антропогенной нагрузки на природные ландшафты и водные экосистемы, загрязнения земель и водных источников определяющее значение в сфере деятельности человека приобретает использование экосистемного подхода в качестве концептуальной основы природопользования. В соответствии с изложенным представляется целесообразным прежде всего объединение двух направлений деятельности в области использования и охраны вод в единое - **экосистемное водопользование**. **Экосистемное водопользование** - это водохозяйственная деятельность, основанная на экосистемном принципе управления водопользованием в едином технологическом процессе, включающем потребление, использование и отведение воды с учетом экологических требований и ограничений по количественным и качественным показателям. Экосистемное водопользование включает понятие целостного подхода к экологически обоснованному использованию водных, земельных и биологических ресурсов в пределах водосборного бассейна, ландшафта и ориентацию на предупреждение загрязнения объектов окружающей среды. Экосистемный подход к водохозяйственной деятельности включает признание социальных, политических, экономических факторов в силу их конечного влияния на целостность и благополучие экосистемы водосборного бассейна и водной экосистемы, определяет необходимость нового уровня понимания проблемы водопользования и ответственности за решение сложных и взаимосвязанных проблем в водохозяйственной деятельности. Снижение безвозвратного водопотребления и предупреждение загрязнения воды, почв, растений принимаются как основа любой водохозяйственной деятельности. Стратегия предупреждения загрязнения водных экосистем переносится на водосборный бассейн, непосредственно к источнику поступления загрязняющих веществ.

Мелиорация и водное хозяйство – это сфера деятельности человека, непосредственно связанная с использованием природных ресурсов и изменением параметров природной среды. В процессе мелиоративной и водохозяйственной деятельности используются климатические, земельные, водные, лесные, энергетические и материально-сырьевые ресурсы. В производственный процесс включаются такие важнейшие компоненты биосферы как почвы, воды, растения, приземный слой атмосферы, тесно связанные потоками воды, энергии, веществ и информации. Мелиоративная и водохозяйственная деятельность вызывает изменение интенсивности и направленности природных процессов и обуславливает появление новых процессов, изменение свойств и параметров при-

родной среды. Под влиянием антропогенных воздействий природные экосистемы с внутренним равновесием и саморегуляцией постепенно трансформируются в техно-природные системы с внешней регуляцией и управлением потоками воды, энергии, веществ и информации. Динамика системы «ландшафт – агроландшафт – мелиорируемый агроландшафт» постепенно изменяет структурные (почва, вода, атмосфера, растительный и животный мир) и функциональные компоненты экосистемы (влаго-, массо-, теплообмен). Управление сельскохозяйственным производством на мелиорируемых землях по существу является управлением функционированием структурных и функциональных компонентов мелиорируемого агроландшафта с целью увеличения объема производства сельскохозяйственной продукции и устойчивого развития сельского хозяйства.

Мелиорируемый агроландшафт находится под влиянием природных и антропогенных воздействий. К природным воздействиям относятся эволюционные процессы всеохватывающего круговорота и потока энергии, веществ и информации, определяющие функциональные биогоритмы мелиорируемого агроландшафта. Экстремальные природные явления в виде засух, заморозков, ливней, бурь и других явлений, оказывают кратковременное усиленное воздействие, способное вызвать структурные и функциональные нарушения мелиорируемого агроландшафта. Антропогенные воздействия (агротехнические, мелиоративные, водохозяйственные) предназначены для смягчения неблагоприятных природных воздействий, формирования оптимальной структуры и функциональных свойств мелиорируемого агроландшафта с целью повышения плодородия и биопродуктивности мелиорируемых земель, устойчивости земледелия и обеспечения производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Формирование экологически безопасного мелиорируемого агроландшафта и связанной с ним водной экосистемы возможно на основе экологически сбалансированных соотношений: «воздействие - реакция», «доза-эффект». В начальный период освоения структурные элементы агроландшафта и водной экосистемы обладают определенным уровнем экологической устойчивости. По мере возрастания антропогенной нагрузки, интенсификации процессов влаго-, массо-, теплопереноса нарушается структурная и функциональная целостность агроландшафта и водной экосистемы, снижается биопродуктивность. Регламентирование антропогенных воздействий, ранняя диагностика, локализация и реставрация поврежденных компонентов способствуют усилению внутренней регуляции системы и восстанавливают потенциал устойчивого развития мелиорируемого агроландшафта и водной экосистемы. С этих позиций введение многоукладности в сельском хозяйстве, развитие фермерства способствуют усилению внутренней регуляции, поскольку фермер действует внутри системы и гибко реагирует на негативные изменения почв, воды, растений. Таким образом, под влиянием комплекса агротехнических, мелиоративных и водохозяйственных

воздействий экосистема ландшафта приобретает новую структуру и функциональность, определенный уровень хозяйственного потенциала.

Водные мелиорации являются одним из крупнейших потребителей воды, оказывают воздействие на природные процессы и формирование потоков воды, химических элементов и соединений. Формирование структурной и функциональной целостности, экологической безопасности мелиорируемого агроландшафта и связанной с ним водной экосистемы в значительной мере зависит от концепции водопользования и механизмов ее реализации.

**Концепция** экосистемного водопользования в мелиорации ориентирована на экологизацию использования водных, земельных и биологических ресурсов, снижение безвозвратного водопотребления, предупреждение загрязнения почв, сельскохозяйственных культур, поверхностных и подземных вод. Принципиальная особенность концепции - ориентация на причины экологических нарушений и предупреждение негативных последствий мелиоративной и водохозяйственной деятельности. Под экологизацией понимается коррекция и формирование вещественно-энергетических и информационных потоков в соответствии с экологическими ограничениями и требованиями.

В соответствии с изложенным сформулированы **принципы** экосистемного водопользования в мелиорации:

- экосистемность отражает принцип управления водо- и землепользованием, направленный на восстановление, сохранение и повышение устойчивости наземных и водных экологических систем;
- предупреждение отрицательных последствий мелиоративной и водохозяйственной деятельности в процессе проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративно-водохозяйственных систем;
- минимизация антропогенного воздействия на водные объекты и мелиорируемые агроландшафты на основе водосберегающих, экологически безопасных технологий производства сельскохозяйственной продукции, создания замкнутых систем водопользования с изъятием загрязняющих веществ из гидрогеохимического круговорота и безотходных производственных процессов;
- оптимизация водообеспечения сельскохозяйственных культур при максимальном использовании естественных влагозапасов и снижении удельных затрат воды;
- снижение и предупреждение инфильтрационных потерь в каналах и на орошаемых землях;
- предупреждение загрязнения почв, растений, поверхностных и подземных вод в процессе производства сельскохозяйственной продукции, водопотребления и водоотведения;
- предупреждение процессов засоления, осолонцевания, деградации и снижения плодородия почв;

- платность водопользования с учетом водообеспеченности территории, качества воды и влияния водного фактора на конечный результат сельскохозяйственного производства;

- этапность, обоснованность, последовательность экологизации и модернизации мелиоративно-водохозяйственных систем;

- принцип сбалансированности означает соблюдение баланса использования, воспроизводства, охраны почв, поверхностных и подземных вод от загрязнения, истощения и деградации;

- принцип оптимальной технологичности и конструкции отражает переход на новые, экологически безопасные и экономически эффективные технологии, конструкции, машины и механизмы;

- предупреждение и снижение опасностей, чрезвычайных ситуаций, возникающих при нерациональном использовании водных ресурсов или вследствие вероятного вредного воздействия вод;

- совершенствование и соблюдение требований и норм законодательных, правовых, нормативно-методических документов по экологической безопасности, устойчивому развитию и экономическому регулированию;

- принцип социально-экономической направленности означает учет запросов социально-экономической сферы, защиту здоровья и создание благоприятных условий для жизнедеятельности населения и объектов экономики по водному фактору.

Данные принципы отражают социоприродную сущность экосистемного водопользования в мелиорации, включая экологические, экономические и социальные императивы.

В соответствии с изложенными принципами методы экосистемного водопользования в мелиорации можно объединить в четыре группы: организационно-правовые, экологические, экономические и технические.

#### **Организационно-правовые методы:**

- совершенствование и экологизация управления, мониторинга, информационного обеспечения функционирования мелиоративно-водохозяйственных систем;

- совершенствование проектирования, экспертизы создания новых, реконструкции и модернизации существующих мелиоративно-водохозяйственных систем;

- совершенствование законодательных и нормативно-правовых основ мелиоративной и водохозяйственной деятельности.

#### **Экологические методы:**

- экологическое нормирование водопользования в мелиорации по количественным и качественным показателям;

- снижение безвозвратного водопотребления и потерь воды;

- снижение и предупреждение загрязнения почв, сельскохозяйственных культур, поверхностных и подземных вод;

- охрана водных объектов от загрязнения на основе создания замкнутых систем водопользования с изъятием загрязняющих веществ из гидрогеохимического круговорота.

#### **Экономические методы:**

- совершенствование экономических механизмов водопользования, инвестиционной и инновационной деятельности;

- стимулирование водосберегающих и водоохраных технологий;

- создание нормативов платы за воду в зависимости от водообеспеченности территорий и качества воды;

- совершенствование нормативов платы за сброс сточных и дренажных вод, учитывающих наносимый ущерб водной экосистеме и потребителям водных ресурсов.

#### **Технические методы:**

- конструирование экологически безопасных и экономически эффективных мелиоративно-водохозяйственных систем нового поколения;

- реконструкция и модернизация мелиоративно-водохозяйственных систем с использованием современных технических средств и технологий водосбережения, водоподготовки, очистки и регулирования качества воды в подсистемах потребления, использования и отведения воды;

- оснащение современными техническими и программными средствами аппарата управления отраслью и мелиоративно-водохозяйственными системами, в том числе мониторинга, контроля и учета количества и качества потребляемой и отводимой воды.

Сформулированные принципы и методы экосистемного водопользования в мелиорации включают экологические, экономические и социальные императивы. Ориентация на системный, социоприродный принцип создает основу для экологизации мелиоративной и водохозяйственной деятельности, устойчивого развития мелиорации и обеспечения населения России экологически чистой сельскохозяйственной продукцией.

УДК 631.6.02,631.67.03

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ**

**С.Я. Безднина, Е.В. Овчинникова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Решение проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов в мелиорации связано с созданием и совершенствованием замкнутых систем водопользования. Замкнутые системы водопользования позволяют экономить водные ресурсы и не сбрасывать загрязненные коллекторно-дренажные воды в водные объекты. Необходимым условием создания замкнутых систем

водопользования является очистка и регулирование качества коллекторно-дренажных вод с последующим их использованием в производственном процессе. В настоящее время замкнутые системы водопользования эффективно используются в машиностроении, черной металлургии, строительной индустрии. В сельском хозяйстве замкнутые системы водопользования используются в животноводческих и птицеводческих хозяйствах.

В процессе функционирования мелиоруемого агроландшафта наряду с глобальным загрязнением биосферы формируются региональные и локальные источники загрязнения почв, поверхностных и подземных вод, сельскохозяйственных растений. К региональным относятся предприятия промышленности, энергетики, коммунального и сельского хозяйства (тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, диоксины, бенз(а)пирен, СПАВ, углеводороды, радиоактивные вещества, пестициды, нитраты, азот аммонийный, фосфор и другие), оказывающие влияние на почвы, водные экосистемы и атмосферу (атмосферные осадки) конкретного агроландшафта. К локальным источникам загрязнения объектов окружающей среды относится процесс производства сельскохозяйственной продукции (внесение удобрений, пестицидов и микроэлементов, обработка почв) поверхностный и коллекторно-дренажный сток. Загрязнение атмосферы и, соответственно атмосферных осадков, опасными элементами и соединениями оказывает негативное влияние на водные экосистемы, плодородие почв и качество сельскохозяйственной продукции на расстоянии десятков и сотен километров от источников загрязнения.

На орошаемых землях дополнительным источником загрязнений является вода для орошения, используемая из загрязненных водных объектов. Вместе с тем, весьма значимым источником загрязнений являются коллекторно-дренажные воды гидромелиоративных систем, содержащие повышенное количество солей, азота, пестицидов, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ и представляющие опасность для почв, подземных вод и сельскохозяйственных культур при использовании их для орошения, а также для водных экосистем - при сбросе дренажных вод в водные объекты.

Коллекторно-дренажные воды в отличие от точечных источников загрязнения промышленного, коммунально-бытового происхождения, являются диффузным источником загрязнения подземных вод и водных экосистем, а при использовании для орошения - почв и сельскохозяйственной продукции.

Увеличение минерализации оросительной воды на 0,1 г/л приводит к необходимости затрачивать на орошение 1 га на 1000 м<sup>3</sup> воды больше, а это в свою очередь обуславливает необходимость увеличения мощности дренажа и, соответственно, объема дренажных вод. При использовании для орошения воды с минерализацией 2-3 и 3-5 г/л дренажный сток соответственно составляет 30-35 и 50-60 % водозабора.

Зона влияния горизонтального дренажа на потоки воды и химических элементов распространяется на глубину, равную 3-4 глубинам заложения дрен. Зона влияния вертикального дренажа распространяется на глубину 100-150 м. Углубление дренажа, сокращение расстояний между дренами, увеличение инфильтрации оросительных вод и атмосферных осадков способствуют увеличению зоны миграции и, соответственно, объему выносимых солей и загрязняющих веществ в водные экосистемы.

Снижение объема дренажного стока до 8-10% водоподачи и минимизация его загрязнения возможны при снижении потерь и удельных затрат воды, экологизации процесса производства продукции на орошаемых землях, воспроизводства плодородия почв, применения удобрений и пестицидов. Следующим этапом экологизации водоотведения в мелиорации является регулирование химического состава и свойств минимизированного объема коллекторно-дренажных вод с целью безопасного их отведения в водные объекты или внутрисистемного использования для орошения. Во втором варианте заложены возможности создания замкнутых систем водопользования с изъятием солей и загрязняющих веществ из биогеохимического круговорота в пределах гидромелиоративной системы.

*Регулирование* химического состава и свойств коллекторно-дренажных вод включает обессоливание, очистку и кондиционирование. *Обессоливание* – "процесс водоподготовки с целью снижения концентрации растворенных солей в воде до заданной величины" (ГОСТ 25151-82). Под *очисткой* понимается удаление из воды загрязняющих веществ, под *кондиционированием* - обработка воды с целью доведения ее состава и свойств до требуемых значений и характеристик. В зависимости от химического состава и назначения коллекторно-дренажных вод могут быть использованы различные способы регулирования химического состава и свойств или их комплексирование (рис. 1).

К технологии регулирования качества коллекторно-дренажных вод сформулированы *экологические требования*.

*Первое экологическое требование* заключается в том, что технология должна обеспечить снижение загрязняющих веществ до такого уровня, чтобы поступление их остаточных количеств в водные объекты не превышало содержания этих веществ в суммарном выражении предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для водного объекта. При использовании для орошения дренажные воды должны отвечать требованиям, предъявляемым к качеству оросительной воды.

*Второе экологическое требование* заключается в том, что технология регулирования коллекторно-дренажных вод не должна оказывать неблагоприятного воздействия на объекты окружающей среды.

*Третье экологическое требование* заключается в необходимости осуществления безотходной утилизации извлекаемых из воды загрязняющих веществ с



целью изъятия их из биогеохимического круговорота в процессе сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях.

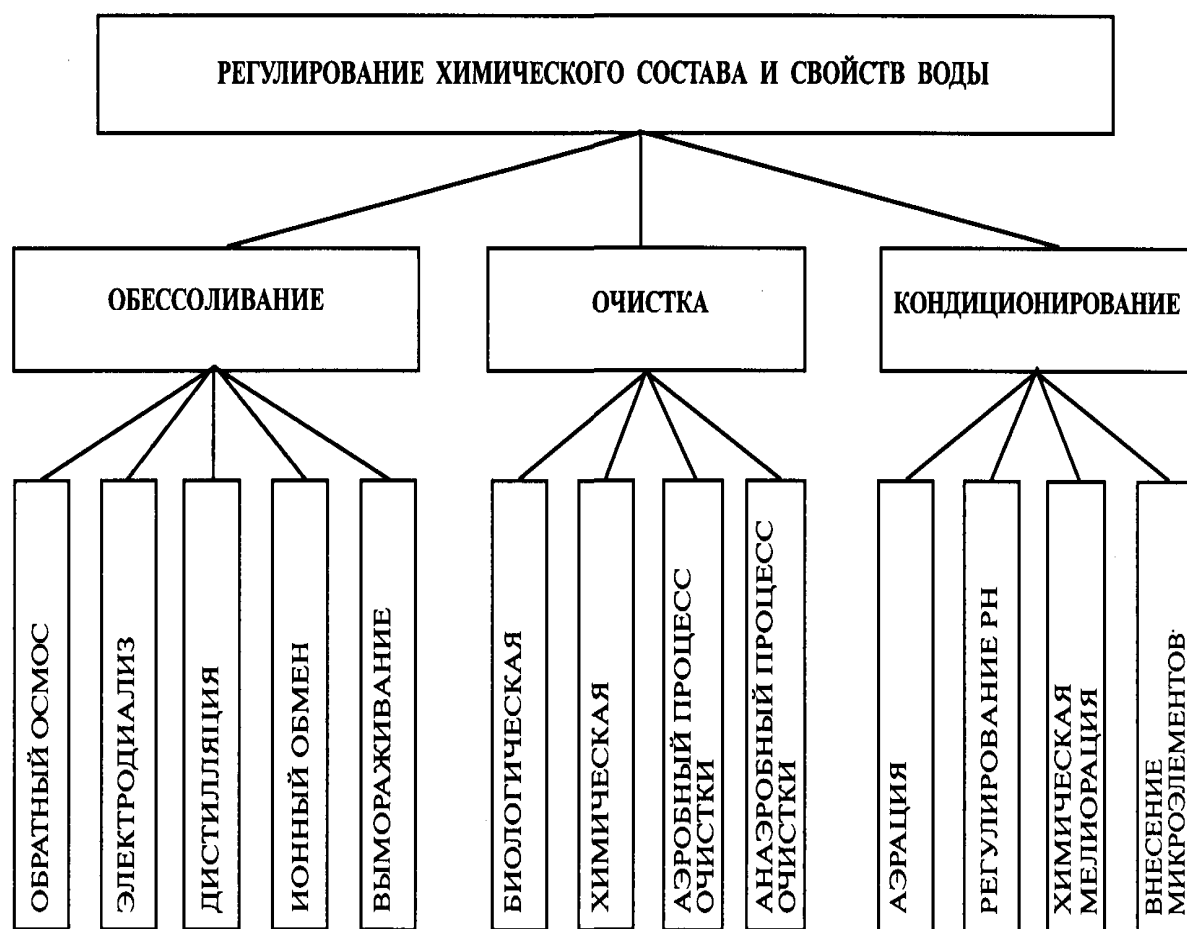


Рисунок 1 - Способы регулирования химического состава и свойств коллекторно-дренажных вод

Вместе с тем сформулированы *два технических требования*. Первое требование заключается в том, что технология биохимического регулирования качества оросительных и коллекторно-дренажных вод должна гибко реагировать на изменение объема и химического состава коллекторно-дренажных вод. Второе требование состоит в том, что технология должна быть малоэнергоёмкой, технически и финансово доступной.

Сооружения по очистке и регулированию химического состава коллекторно-дренажных вод конструируются в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды. В связи с тем, что эти показатели изменяются в процессе эксплуатации гидромелиоративных систем, комплекс сооружений целесообразно разрабатывать на блочно-модульном принципе компоновки. Вместе с тем, орошаемые земли и дренажный сток, как правило, рассредоточены на больших площадях, удалены от источников энергии. В связи с этим, сооружения по очистке и регулированию химического состава коллекторно-дренажных вод целесообразно рассредоточить по территории, не со-

бирать коллекторно-дренажный сток в больших объемах. Реализация превентивных мероприятий по минимизации дренажного стока, снижению и предотвращению загрязнения почв в процессе сельскохозяйственного производства (внесение удобрений, пестицидов, микроэлементов и др.), позволят конкретизировать требования к производительности и конструкции сооружений. Высокая стоимость энергии, особенности формирования коллекторно-дренажных вод определяют поиск малоэнергоёмких технологий регулирования химического состава коллекторно-дренажных вод. Наиболее приемлемым с этой точки зрения является вариант, когда вода поступает в сооружение и распределяется по площади самотеком за счет уклона. В конструкции сооружения целесообразно предусмотреть возможность использования стандартных сборных элементов. Конструктивные элементы целесообразно объединить в блоки, выполняющие определенную функцию по регулированию химического состава коллекторно-дренажных вод. Это позволит путем отключения или подключения отдельных блоков гибко реагировать на изменения количества и качества воды. Отвод воды целесообразно осуществлять самотеком - это наиболее экономичное решение. Однако в необходимых случаях возможен отвод воды соответствующими механизмами, как в водные объекты, так и в пруды-накопители с целью использования их для орошения.

В соответствии с изложенным сформулированы *принципы* конструирования сооружений по очистке и регулированию химического состава коллекторно-дренажных вод:

*системный принцип*, согласно которому сооружение конструируется как элемент гидромелиоративной системы, тесно связанной потоками воды, энергии и различных веществ с системами земледелия и водопользования;

*принцип формирования* внутренней экосистемы сооружения как основы для принятия инженерных решений;

*принцип управления* функционированием экосистемы сооружения посредством регулирования процессов миграции, деструкции, аккумуляции, сорбции, трансформации и утилизации токсичных веществ.

Следовательно, конструирование экосистемы сооружения и управление ее функционированием должно осуществляться с учетом взаимодействия с другими экосистемами (принцип 1), путем целенаправленного выбора технологических решений (принцип 2) таким образом, чтобы процессы детоксикации загрязняющих веществ (принцип 3) обеспечивали требуемое качество воды.

В соответствии с изложенными принципами авторами разработаны технология и сооружение биохимического регулирования химического состава коллекторно-дренажных вод (патент РФ № 2168470 от 10 июня 2001 г.).

Принципиальная схема замкнутой системы водопользования в мелиорации показана на рисунке 2. Минимизация инфильтрационных потерь из каналов и на орошаемых землях, оптимизация водопотребления, минимизация поступле-

ния загрязняющих веществ (удобрений, пестицидов, тяжелых металлов и др.) в процессе производства сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях, совершенствование инженерного и использование биологического дренажа позволяют минимизировать объем и загрязненность коллекторно-дренажных вод (5). Очистка и кондиционирование коллекторно-дренажных вод (6), отвод в аккумулирующую емкость (8) позволяют использовать дренажные воды для орошения (10) или других целей. Дренажный сток с дополнительно орошаемых земель (10) отводится в коллектор (11) для очистки и кондиционирования (6). Локализация использования очищенных коллекторно-дренажных вод (10) имеет принципиальное значение как с экологических, так и экономических позиций. Системы земледелия, севообороты и ведущие сельскохозяйственные культуры на этих землях (10) могут иметь принципиальные особенности в зависимости от качества воды, используемой для орошения.

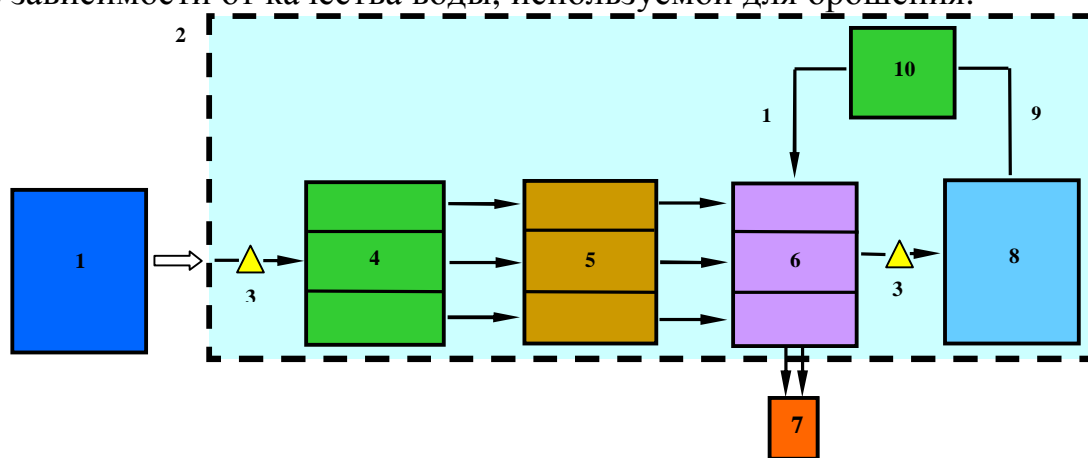


Рисунок 2 - Принципиальная схема замкнутой системы водопользования в мелиорации

Условные обозначения: 1 – водоисточник, 2 – гидромелиоративная система, 3 – контроль качества воды, 4 – орошаемые (осушаемые) земли, 5 – коллекторно-дренажный сток, 6 – сооружение по очистке и регулированию химического состава коллекторно-дренажных вод (КДВ), 7 – отходы в процессе очистки КДВ, 9 – возврат воды на орошение сельскохозяйственных культур, 10 – земли, орошаемые КДВ, 11 – отведение КДВ для очистки и регулирования химического состава

Внутрисистемное использование коллекторно-дренажных вод для орошения после очистки и кондиционирования позволяет получить дополнительную сельскохозяйственную продукцию, предотвратить загрязнение водных экосистем.

УДК 628.3:502.656

## ПРОБЛЕМЫ МИНИМИЗАЦИИ УЩЕРБА ЭКОСИСТЕМЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД

В.Л. Головин, Е.В. Богданова

ФГУП ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

Одной из основных причин, определяющих ущерб экосистеме рек, водо-

хранилищ, озер и морских акваторий, как известно, является сброс сточных вод. Актуальность решения этой проблемы и очевидность неблагоприятной экологической ситуации определяются тем, что общий объем жидких отходов только в России составляет около  $60 \text{ км}^3$  в год, из них объем нормативно очищенных стоков не превышает  $2,3 \text{ км}^3$ , а 40% отходов сбрасывается без очистки. Сброс очищенных или недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, во многом определяет прогрессирующее загрязнение водных объектов, что негативно влияет на их биоценоз и в конечном итоге формирует негативную экологическую ситуацию и другие условия, связанные со здоровьем населения. Нет необходимости доказывать и то, что еще большую угрозу представляет сброс неочищенных стоков, которые вызывают существенную перестройку режима водной среды и условий обитания растительных и животных организмов вплоть до полного негативного изменения видового состава, несмотря на часто весьма высокую естественную устойчивость биоценоза водотоков и водоемов.

Однако, при защите водных объектов от загрязнения, связанной со сбросом в них очищенных сточных вод, зачастую превалирует инженерный подход. Считается, в частности, что экологические проблемы могут быть решены только за счет совершенствования технологий очистки, обеспечения глубокой степени их обработки и использования устройств для выпуска, позволяющих производить достаточно быстрое перемешивание и разбавление стоков в водном объекте. Задачей расчета разбавления является, в частности, определение значений максимальных концентраций загрязняющих веществ на различных расстояниях от места выпуска. Сопоставление этих значений с предельно допустимыми (ПДК) позволяет судить о возможности сброса стоков в рассматриваемый водный объект при достигаемой степени очистки по каждому из загрязняющих ингредиентов.

Такой подход можно было бы считать абсолютно правомерным, если не происходила бы деградация биоценоза приемников сточных вод за счет образования высокотоксичных компонентов, связанного с введением активных химических агентов, таких как хлор и озон при обеззараживании стоков на последнем этапе их очистки. Как известно, эти дезинфекторы, взаимодействуя с органикой сточных вод, образуют сильнодействующие токсичные соединения. В такой ситуации главной причиной развития дисбактериоза и изменения видового состава биоценоза водных объектов при выпуске очищенных сточных вод часто оказывается не слабая активность их разбавления и даже не низкая степень очистки, а поступление со стоками токсичных компонентов в водную среду. Причем ущерб, наносимый при этом водным объектам, едва ли не больший, того, который возникал бы при сбросе неочищенных стоков.

Применение химических дезинфекторов или ультрафиолетового облучения, предполагая полное уничтожение микрофлоры сточных вод, направлено на

образование своеобразной ниши, свободной от присутствия микроорганизмов. Однако в природной среде в присутствии растворенной и полурасстворенной органики такая ниша достаточно быстро заполняется более устойчивыми видами микроорганизмов, которыми, как известно, чаще всего оказываются патогенные. В связи с этим решение задачи защиты водных объектов от загрязнения сточными водами с экологической точки зрения допустимо считать успешным только в том случае, если обеспечивается не подавление или уничтожение микрофлоры, а минимизация численности только патогенных и потенциально патогенных видов – возбудителей инфекционных заболеваний. В настоящее время это требование не принимается во внимание, поскольку считается вполне допустимым неизбирательная инактивация или разрушение микрофлоры при обеззараживании сточных вод перед их выпуском в водный объект.

В связи с этим можно утверждать, что существующие методы защиты водных объектов от попадания в них со сточными водами и развития потенциально патогенной и патогенной микрофлоры недостаточно эффективны. В условиях постоянно повышающейся антропогенной нагрузки на природные водные объекты совершенствование методов обеззараживания очищаемых сточных вод становится в ряд актуальнейших проблем защиты окружающей среды. Поэтому усилия экологов должны быть направлены, в том числе, и на решение этой весьма непростой проблемы.

Учитывая приведенные доводы, на наш взгляд, невозможно решить проблему гарантированной дезинфекции сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, посредством использования таких агентов как сильные окислители или облучение, равноценно воздействующих на все виды микробиоценоза, применение которых в связи с образованием токсичных веществ противоречит главному принципу экологической защиты. Задача предотвращения попадания со стоками в водные объекты потенциально патогенной и патогенной микрофлоры должна решаться на основе принципиально иного подхода. При этом следует учитывать важнейшее требование: способы регуляции биоценоза должны быть щадящими и существенно не изменять естественные условия его развития в водных объектах.

Решение указанной задачи, на наш взгляд может быть основано на использовании биологических агентов для освобождения сточной жидкости от болезнетворных возбудителей за счет введения в зараженную среду бактерий-“хищников”. Известна, например, способность *Vdellovibrio bacteriovorus* и *vibrio marinus*, не являющихся патогенными, уничтожать конкурирующие виды, в том числе болезнетворную микрофлору. Эти микроорганизмы нападают на клетки бактерии-жертвы, активно проникая через клеточную стенку в периплазматическое пространство, и размножаются там, используя материал клетки-жертвы в качестве питательного субстрата. Такая способность, по сути, па-

развитический принцип метаболизма, присуща актиномицетам, некоторым простейшим, и другим микроорганизмам. Экспериментально доказано, что группа *Vdellovibrio bacteriovorus* является активным агентом, обуславливающим бактерицидные свойства и самоочищение природных водных объектов и сточных вод. При этом бактерицидный эффект обусловлен преимущественно литическим действием бактерий – хищников, а не бактериофагией. Однако практическое использование таких методов биологического обеззараживания стоков требует тщательного изучения и исследования в этом направлении продолжаются. В то же время можно утверждать, что биологическая инактивация болезнетворных микроорганизмов с использованием бактерий-паразитов может достаточно успешно конкурировать с применяемыми способами реагентного или химического обеззараживания стоков.

Таким образом, при экологической защите водных объектов от поступления в них со сточными водами бактериологических загрязнителей основным направлением совершенствования способов дезинфекции стоков следует считать развитие технологических приемов использования микробиологического эффекта взаимодействия бактерий различных видов. Этот эффект основан на вытеснении эпидемически опасных микроорганизмов за счет паразитирования на них непатогенных видов или за счет конкурентной борьбы – вытеснения, когда непатогенные виды при преобладающей численности способны лишиться питания – доступной органики нежелательных “конкурентов”. После такого обезвреживания на последнем этапе очистки в сточных водах не образуется микробиологической ниши и они могут безопасно с экологической точки зрения сбрасываться в природные водные объекты, при этом в них существенно не изменяются условия развития и природный состав биоценоза и, следовательно, не возникает дистрофии водного объекта.

Реализация такого способа обезвреживания сточных вод может быть осуществлена, например, в соответствии с технологической схемой разработанной ФГУП ДальНИИГиМ представленной на рисунке 1. На первом этапе проводится заселение непатогенными микроорганизмами насадки биореактора. Для обеспечения этого процесса расходную емкость наполняют сточной жидкостью и из бачка подают микробиологический препарат при постоянном перемешивании. В качестве микробиологического препарата, содержащего непатогенные микроорганизмы, может использоваться, например, “Восток ЭМ-1”. В указанном препарате содержится до 84 видов микроорганизмов, в частности, фототрофные и молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты и ферментные грибки. При этом генетически модифицированные микроорганизмы и патогенные или потенциально патогенные микроорганизмы в этом препарате не обнаруживаются.

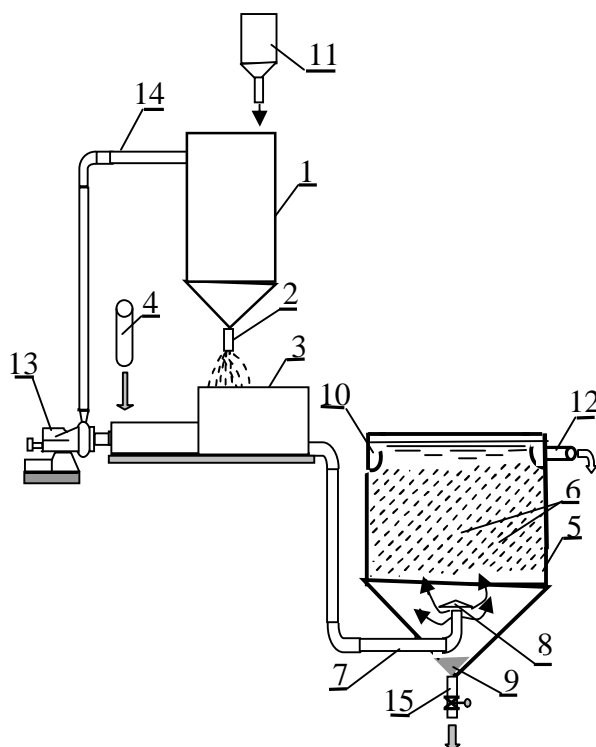


Рисунок 1 - Технологическая схема обезвреживания сточных вод:

1 – расходная емкость для смешивания микробиологического препарата с обрабатываемой жидкостью; 2 – трубопровод подачи микробиологического препарата; 3 – смеситель; 4 – трубопровод подачи обрабатываемой сточной жидкости от сооружений глубокой очистки стоков или от вторичного отстойника; 5 – биореактор; 6 – сетчатая насадка; 7 – трубопровод подачи стоков в биореактор; 8 – отражатель; 9 – накопитель осадка; 10 – кольцевой водоприемный лоток; 11 – бачок с концентратом микробиологического препарата; 12 – трубопровод отвода обработанной сточной жидкости; 13 – насос подачи части обрабатываемых сточных вод в расходную емкость; 14 – трубопровод с тангенциальным вводом; 15 – патрубок периодического отвода осадка

Требуемый расход указанного препарата, подаваемого из бачка в расходную емкость, зависит, в частности, от концентрации органики, в том числе азот- и фосфорсодержащих соединений в сточной жидкости после полной биологической очистки, а также от количества патогенных микроорганизмов. При этом концентрация микробиологического препарата в расходной емкости должна составлять 1,0–2,0 %. При подаче сточных вод в емкость, например, за счет тангенциального ввода трубопровода обеспечивают перемешивание микробиологического препарата со сточной жидкостью. Содержащаяся в ней органика служит для непатогенных микроорганизмов питательной средой и обеспечивает их активное развитие.

Первоначально смесь сточной жидкости и микробиологического препарата выдерживают в расходной емкости в течение 20 – 28 часов до полного угнетения патогенной и потенциально патогенной микрофлоры. В течение указанного времени происходит адаптация непатогенных микроорганизмов к питательной

среде – обрабатываемой жидкости и увеличивается их численность, что обеспечивает преимущественное развитие только тех видов микроорганизмов, для которых эта среда оказывается наиболее приемлемой на момент обработки сточных вод. Из расходной емкости смесь микробиологического препарата с обрабатываемой жидкостью подают в биореактор, в котором обеспечивается иммобилизация непатогенных микроорганизмов, закрепляющихся на насадке. Насадку биореактора выполняют, например, из мелкоячеистой капроновой сетки (рыболовной дели) по аналогии с известными решениями (Патенты РФ: № 2157345; № 2194672).

После заселения насадки биореактора непатогенными микроорганизмами сточную жидкость после биологической очистки подают по трубопроводу в смеситель, в который из расходной емкости вводят также смесь микробиологического препарата и стоков в количестве до 5 % общего расхода обрабатываемой сточной жидкости. Для обеспечения оптимальных условий жизнедеятельности микроорганизмов перед смесителем жидкость аэрируют, например, разбрызгиванием. При высокой производительности системы очистки стоков аэрирование проводят также за счет подачи воздуха в биореактор. По мере расходования смеси расходную емкость пополняют обрабатываемой сточной жидкостью и микробиологическим препаратом.

Из смесителя сточную воду подают в биореактор с образованием восходящего потока жидкости в рабочей зоне, в которой размещена сетчатая насадка с уже иммобилизованными на ней микроорганизмами. Скорость протока обрабатываемой сточной жидкости в рабочей зоне биореактора принимают в пределах 10 – 15 м/ч. Обладая численным преимуществом, эти микроорганизмы выделяют специфические ферменты и другие продукты метаболизма, неприемлемые для конкурирующих видов, что приводит к подавлению этих видов. Кроме того, непатогенные микроорганизмы, содержащиеся, например, в микробиологическом препарате “Восток ЭМ-1”, способны более активно минерализовать органику обрабатываемых стоков, и таким образом, лишая питания патогенные бактерии и вирусы. Этим обеспечивают основной эффект обеззараживания очищенных сточных вод за счет подавления патогенных и потенциально патогенных видов микроорганизмов, что определяется известным в природной среде механизмом конкурентной борьбы. В эксперименте численность патогенных видов микроорганизмов снижалась на 90 – 96%, что определяет эффект обеззараживания сточных вод на уровне не ниже достигаемого, например при хлорировании.

Таким образом, применение нового способа обеззараживания очищенных сточных вод обеспечивает высокую защиту биоценоза водных объектов, упрощает технологию процесса обеззараживания стоков. При этом в местах выпуска очищенных сточных вод в водные объекты устраняются негативные факторы, влияющие на здоровье населения. Эффект обеззараживания в предлагаемом



способе обеспечивается созданием условий активного развития непатогенных микроорганизмов, способных подавлять патогенную микрофлору и минерализовать органику, содержащуюся в обрабатываемых стоках. В структуре микробиоценоза водных объектов не образуется ниши, непрогнозируемо заполняемой другими, часто опасными микроорганизмами. При сбрасывании жидкости после такой обработки в водные объекты в них не возникает дистрофии и вредных воздействий на биоценоз. Это обеспечивает важнейшее экологическое требование к способам воздействия на биоценоз природных водных объектов, которые должны быть щадящими и существенно не изменять естественные условия его развития.

УДК 556.512; 556.532

## **ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ВЕРХОВОГО БОЛОТА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)**

**Л.И. Дубровская**

Горно-Алтайский НИИСХ, Горно-Алтайск, Россия;

**Н.Г. Инишев, Л.И. Инишева**

Томский государственный университет, Томск, Россия

Решение задачи рационального освоения торфяных ресурсов Западной Сибири, огромные пространства которой заняты торфяно-болотными экосистемами, требует бережного подхода, исключающего возможность необратимых последствий антропогенного воздействия на экосистемы заболоченных территорий. Болотные экосистемы (БЭС) выполняют ряд важнейших функций: гидрологическую, геоморфологическую, климатическую и т.д. Поскольку существование болот как своеобразных природных объектов и их взаимодействие с окружающей средой определяется, прежде всего, особенностями водного обмена, который к тому же является связующим звеном геологического и биологического круговоротов, определяющих пути миграции веществ и энергии, то исследование гидрологической функции болот является одним из условий создания методологии, способной вскрывать причины заболачивания и объективно отражать динамику современных болотных процессов.

В статье «Достижения советской науки в области регулирования водного режима земельных массивов» А.Н. Костяков писал: «Изучение теплового и водного режимов земной поверхности является важнейшей проблемой географии на современном этапе её развития».

Целью данной работы являлось изучение условий формирования элементов водного режима естественной БЭС в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины.

**Объекты и методы исследования.** Южно-таежная подзона Западной Сибири характеризуется наибольшей заболоченностью (50%), высокой заторфованностью (35,6%) и преобладанием крупных торфяных болот. Она является репрезентативной по проявлению процесса торфообразования и может быть выбрана для проведения фундаментальных научных исследований по изучению роли болот в биосфере.

Исследования проводились в пределах водораздельной болотной экосистемы, представляющей собой северо-восточные отроги Васюганского болота на территории малого заболоченного водосбора реки Ключ, притока реки Бакчар с площадью водосбора 59 км<sup>2</sup>.

Район исследований по районированию болот центральной части Западной Сибири отнесен к западносибирской таежной зоне бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания. Болотная экосистема включает типичную для данной территории последовательность олиготрофных растительных ассоциаций от грядово-мочажинного комплекса через топи до заболоченного леса (рис.1): осоково-сфагновая топь (пункт 5), сосново-кустарничково-сфагновый биогеоценоз (БГЦ) с низкой сосной (низкий рям – пункт 3), сосново-кустарничково-сфагновый БГЦ с высокой сосной (высокий рям – пункт 2).

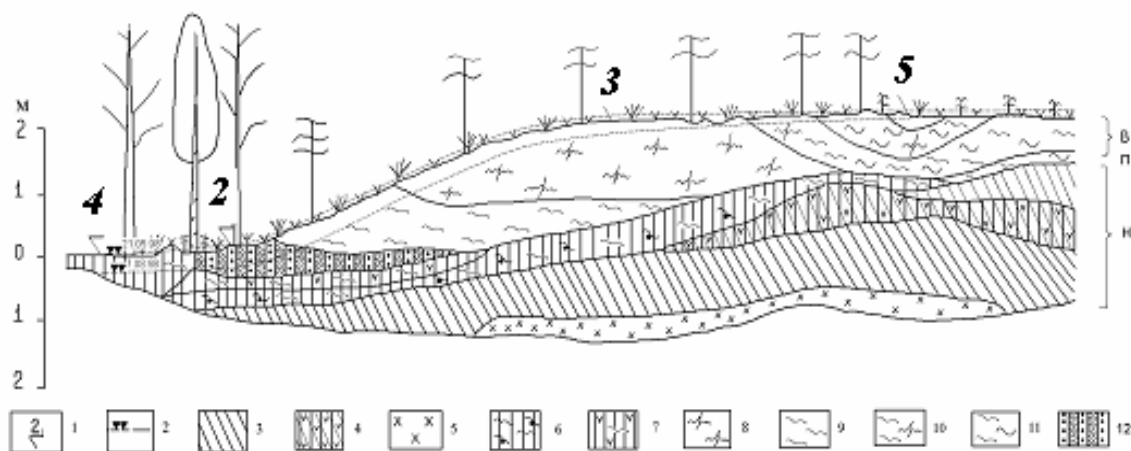


Рисунок 1 - Гидрологический профиль

В тектоническом отношении район исследований является частью мезозой эпипалеозойской платформы и имеет двухъярусное сложение: нижний структурный этаж сложен слабодислоцированными палеозойскими породами фундамента, залегающими на глубине от 188 до 2600 м, верхний – полого залегающими мезо-кайнозойскими образованиями. Отложения БЭС представлены торфом, их возраст не превышает 10 тыс. лет, подстилаются они плотными водонепроницаемыми глинами Ширинского и Тазовского объединенных горизонтов. В основании болотных отложений имеется слой сильно илистой темносерой гумусированной глины, мощностью от 0,8 до 4 м.

В настоящее время рельеф центральной части болотного массива становится плоско-выпуклым с обилием вторичных озер и мочажин. Образование последних связано с уменьшением уклонов и постоянно застойным переувлажнением этой части массива. Торфонакопление центральной части болотного массива замедляется или практически прекращается, тогда как на периферии (пункт 2) этот процесс прогрессирует.

На территорию исследований была составлена ландшафтно-типологическая карта и на ее основе на гидрологическом профиле были выделены биогеоценозы с пунктами наблюдений за элементами водного баланса, температурой, окислительно-восстановительным потенциалом, гидрохимическим режимом.

На протяжении вегетационных периодов раз в декаду на ландшафтном профиле велись наблюдения за уровнем болотных вод, окислительно-восстановительным и температурным режимами по 10 сантиметровым слоям во всей торфяной толще с помощью стационарно заложенных датчиков. На гидрометрическом посту реки Ключ проводились наблюдения за режимом весеннего стока в течение вегетационных периодов, начиная с 1965 года, но непрерывный ряд наблюдений имеется лишь за период 1989 – 2006 годы. Наблюдения за уровнями болотных вод (УБВ) проводились в пунктах 2–5, начиная с 1995 года. За нулевую отметку принята условная отметка средней поверхности болотного ландшафта в каждом из пунктов наблюдений. Метеорологические данные предоставлены Томским областным центром по мониторингу окружающей среды. Режимные гидрометеорологические исследования на близко расположенной метеорологической станции Бакчар включали наблюдения за стоком, запасами воды в снежном покрове, температурой воздуха, осадками, уровнями воды в различных болотных микроландшафтах и уровнями почвенной верховодки в лесу.

**Результаты исследований.** Как известно, запас воды в снежном покрове является основной составляющей объема стока за весеннее половодье. Распределение снега по территории болота создает условия для удлинения периода снеготаяния, и, следовательно, ведёт к уменьшению максимальных расходов весеннего половодья. Процесс таяния снежного покрова начинается на открытых частях болотного массива – осоково-сфагнуовой топи и прирусловом поле и постепенно замедляется в зоне заболоченного леса и сосново-сфагновых фитоценозов.

Основные характеристики снежного покрова более чем за двадцатилетний период наблюдений на различных болотных микроландшафтах изучаемой территории приведены в работе [1]. Данные по высоте снежного покрова за последние 2001-2005 годы хорошо согласуются с ними и составляют в поле в среднем 53 см, а в заболоченном лесу – 63 см.

При этом распределение запаса воды в снеге на полевом участке характеризуется значительной вариацией, что связано с преобладанием метелевого переноса. В результате в понижениях местности, а также у естественных препятствий в многоснежные годы образуются большие скопления снега, величина влагозапасов которых в 1,5-4,0 раза выше по сравнению со средней величиной по исследуемой территории. Плотность же снежного покрова в поле в течение пяти лет изменяется от 0,11 до 0,33 г/см<sup>3</sup>, коэффициент пространственной вариации составляет 0,188. В заболоченном лесу залегание снежного покрова более равномерное, коэффициент вариации в среднем за пять последних лет равен 0,125.

Величина снегозапасов в заболоченном лесу аналогично высоте снега всегда больше, чем в поле (рис.2). Талые воды с открытого болота вследствие более позднего таяния снега в полосе заболоченных лесов частично расходуются на насыщение снега и верхнего слоя болот, что сказывается на режиме половодья. Интенсивное таяние снега на открытых участках болот с последующим таянием снега на залесенных болотах вызывает наложение “болотной” и “лесной” волн половодья, что приводит к формированию одномодального гидрографа половодья. Однако, в зависимости от типа весны (солярного или адвективного), а также условий промерзания торфяной залежи возможны и двумодальные гидрографы половодья, составляющие около 25-30% случаев.

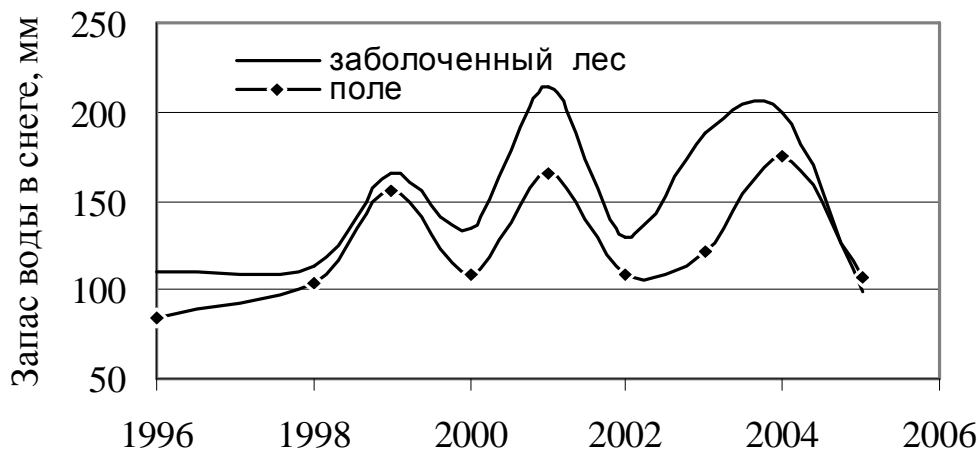


Рисунок 2 – Запас воды в снеге за период 1996-2005 гг.

Величина стока за вегетационный период определяется УБВ, амплитуда колебаний которых в целом по ландшафтному профилю составляет 61 см. Во влажные годы наблюдаются наиболее высокие УБВ. В среднем за пять последних лет (2001-2005 годы) УБВ в центральной части ландшафтного профиля близок к средней поверхности болота, а на периферии ландшафтного профиля составляет - 26 см.

Благодаря достаточно высокой (92-98%) пористости деятельного горизонта болота происходит беспрепятственное движение воды путем инфильтрации. По этой причине высота стояния УБВ находится в прямой зависимости от величины поступления атмосферных осадков. Сезонные колебания УБВ обусловлены скоростью стекания снеговых вод и характером распределения жидких осадков. Следует заметить, что режим УБВ в п. 2 и п. 4, несмотря на различия в процессе болотообразования, обладает большим сходством (рис. 3). На общие условия водного режима указывает и сходный тип растительности, представленный сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом. Амплитуда колебаний уровней в этих микроландшафтах в среднем составляет 70 см, при этом п.4 характеризуется более низкими уровнями по сравнению с п.2. В многолетнем разрезе годовой ход уровней болотных вод характеризуется резким подъемом в период весеннего снеготаяния, низкой зимней меженью и относительно высоким стоянием в течение всего летне-осеннего периода. В течение летнего периода уровни на болоте удерживаются на достаточно высокой отметке за счет весеннего таяния снега и летних осадков. К концу весенне-летнего периода наблюдается общий спад уровней, который нарушается незначительными подъемами за счет выпадающих осадков.

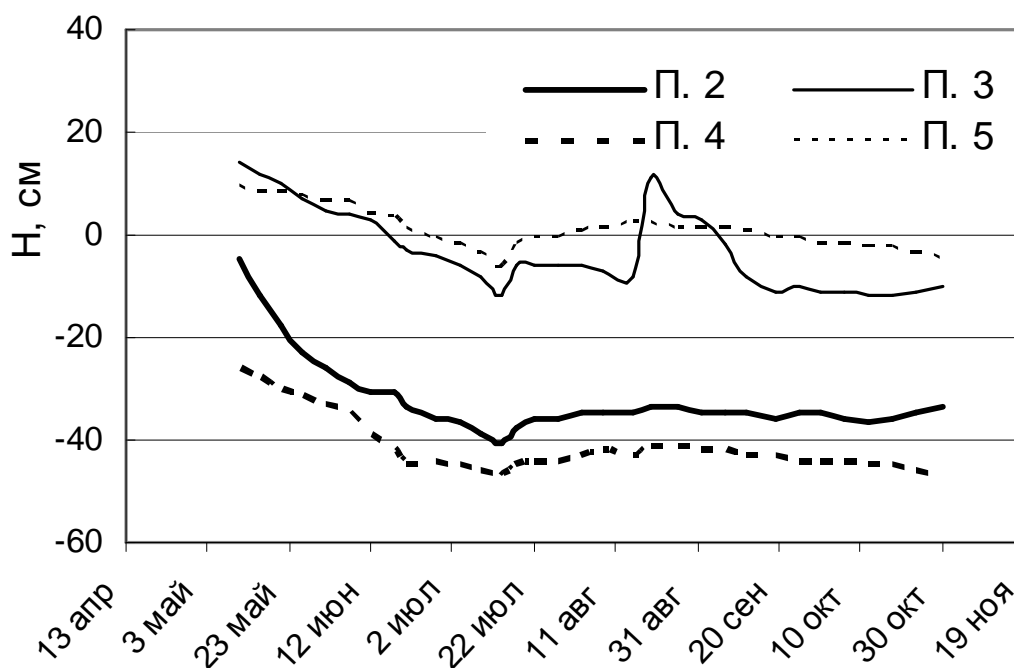


Рисунок 3 – Хронологический график уровней болотных вод на пунктах наблюдений гидрологического профиля в 2006 году

Колебания уровней на рассматриваемых болотных микроландшафтах в основном синхронны, различны только амплитуды, причём наибольшими амплитудами характеризуется высокий рям. Далее при движении к центру болотного массива высота стояния уровней относительно средней поверхности болота по-

вышается, а амплитуды уровней соответственно уменьшаются, и составляют: низкий рям – 53 см, осоково-сфагновая топь – 22 см.

Последовательность и величина поступления талых вод с различных типов микроландшафта хорошо видна на рисунке 4, представляющем собой композицию частных гидрографов стока талых вод, полученных расчётным путем в результате математического моделирования процесса формирования стока весеннего половодья реки Ключ [2].

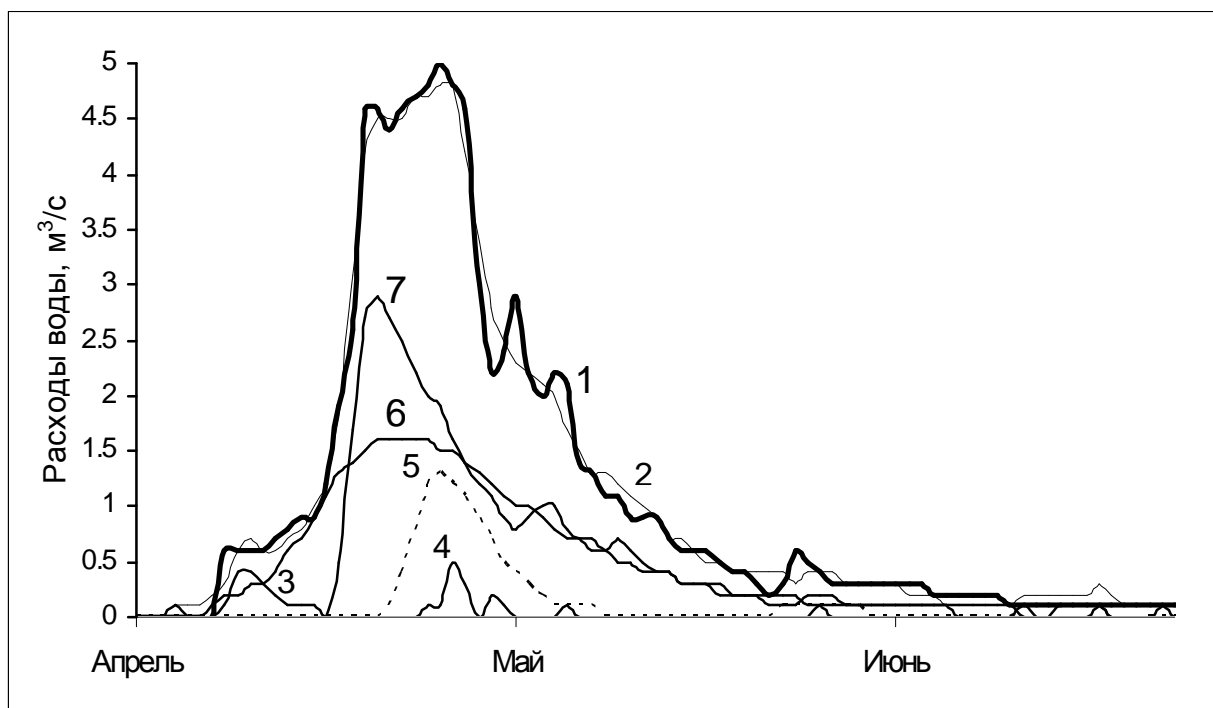


Рисунок 4 - Расходы воды р. Ключ за 2002 год:

1 - фактические, 2 - рассчитанные суммарные, 3 – с поля, 4 – с осоково-сфагновой топи, 5 – с грядово-мочажинного комплекса, 6 – с рямов, 7 – с заболоченного леса

Таким образом, формирование стока с болот представляет собой сложное сочетание разновременных процессов: снеготаяния, насыщения снега и водоотдачи из него, оттаивания торфяной залежи и фильтрации воды в толще сопряженных ландшафтов. Формирование второго пика половодья является следствием стока талых вод с заболоченного леса и, возможно, начала оттаивания торфяной залежи болотного массива. Дальнейшее уменьшение стока с болот определяется метеорологическими условиями, а именно, увеличением температуры воздуха и отсутствием атмосферных осадков.

Работа выполнена при поддержке грантами РФФИ № 06-05-64170, № 07-05-00075, № 07-05-00117.

### **Литература**

1. Петров А.И. Динамика характеристик снежного покрова на малом заболоченном водосборе в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины // Вестник Томского государственного университета. – №15.– 2005.– с. 96-98.

2. Инишева Л.И, Инишев Н.Г. Водная миграция химических веществ в системе геохимически сопряженных ландшафтов с потоком поверхностных вод // Фундаментальные проблемы водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Международной научной конференции. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – с.204-208.

УДК 622.31:33

## **ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ**

**Л.И. Инишева**

Томский государственный университет, Томск, Россия

По данным Государственного земельного кадастра земельный фонд РФ на январь 2002 года составлял 1709,8 млн. га, из них болотами было занято 154,0 млн. га, то есть 9% территории страны. Площадь земель под болотами продолжает увеличиваться и, например, по сравнению с 2000 годом уже возросла на 6,7 млн. га. Наибольшее количество болот с общей площадью 110,5 млн. га (71,7%) расположено на землях лесного фонда. На землях сельскохозяйственного назначения болота занимают 25,9 млн. га (16,8%), на землях запаса – 13,0 млн. га (около 9%). В составе земель других категорий доля болот значительно ниже (Росземкадастр, 2002).

Эти цифры не совпадают с данными по торфяным ресурсам, а также с исследованиями многих учёных. Например, согласно С.Э. Вомперскому (1994) в России имеется 139 млн. га болот (слой торфа более 30см). Площадь заболоченных земель (со слоем торфа до 30 см) составляет 230 млн. га. Вместе болотные и заболоченные оторфованные земли составляют 369,1 млн. га, или 21% территории страны, то есть каждый пятый гектар поверхности суши России представлен торфяными болотами. Причина расхождений в оценке площадей кроется в неполноте учёта заболоченных, болотных и оторфованных почв.

Наибольшие запасы торфа как результат проявления климатических, геоморфологических и других природных факторов сосредоточены в торфяных болотах северных районов Европейской территории РФ, Урала и Западной Сибири. Не останавливаясь на многофункциональной роли болот, уделим внимание современным подходам к использованию болот в хозяйственной деятельности общества.

В настоящее время торфяные ресурсы РФ по степени освоения приведены в соответствие с “Классификацией запасов месторождений и природных ресурсов твердых полезных ископаемых” (1989), что мало подходит для оценки торфяных болот. Целесообразнее в качестве прототипа распределения торфяных

болот по направлениям рационального использования принять научные разработки Института проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, согласно которым все торфяные болота (целинные и под промышленной добычей торфа), сельскохозяйственные и лесные угодья на торфяных болотах, выработанные торфяники и другие образуют эколого-хозяйственный фонд торфяных болот.

**Эколого-хозяйственный фонд (ЭХФ) торфяных болот** – это совокупность торфяных болот и их участков как особой природно-территориальной единицы, выполняющей определенные экологические, хозяйственные или эколого-хозяйственные функции и используемой на данный период (существующий ЭХФ) или планируемой к использованию (прогнозный ЭХФ). Формирование ЭХФ производится в пределах водосборных бассейнов. **Охраняемый фонд торфяных болот** – это совокупность торфяных болот с прилегающей территорией или их участков, которые сохраняются в естественном состоянии с соответствующим комплексом природоохранных мероприятий. Распределение торфяных болот по ЭХФ проводится с выделения, в первую очередь, охраняемого фонда. **В запасной фонд** выделены месторождения с особо ценным для промышленности битуминозным и гидролизным сырьем. В этот же фонд входят месторождения с сырьем для получения активных углей и гуминовых кислот, топлива, используемого в металлургии, сырья для бальнеологии и медицины. **В разрабатываемый фонд** входят торфяные болота или их участки с сырьем для производства традиционных видов торфяной продукции: топлива, органических удобрений и компостов, подстилки, строительной теплоизоляции. В **земельный фонд** относят некоторые болота или их участки, которые наиболее эффективно могут быть использованы после осушения как сельхозугодья (пашни, пастбища, сенокосы) или для лесоразведения. **Неиспользуемый или резервный фонд** включает в себя торфяные болота и заболоченные территории, направление использования которых не определено или по каким-либо причинам они в настоящее время не используются.

При выделении фондов приоритет принадлежит охраняемому фонду. В настоящее время существует несколько направлений по выделению охраняемых болот.

**Первое (геологическое) направление.** Согласно «Методическим рекомендациям по заполнению формы федерального государственного статистического наблюдения № 5-гр и составлению территориальных балансов запасов торфа» (2000) торфяные месторождения разделяются на группы: эксплуатируемые, резервные, перспективные для разведки, прочие, строящиеся и разведываемые. В число прочих входят охраняемые торфяные месторождения, расположенные целиком или частично на охраняемых территориях (национальные парки, заповедники и т.п.). Такой подход, безусловно, далек от совершенства и относится скорее в целом к заповедуемым территориям.



**Второе (биологическое) направление** разрабатывается учеными-экологами в рамках сохранения болот как водно-болотных угодий (Рамсарская международная конвенция об охране водно-болотных угодий), имеющих международное значение, главным образом, в качестве местообитаний водоплавающих птиц. В России прогнозируется создание не менее 400 участков таких Рамсарских угодий (в настоящее время существует 35). Эта работа ведется при финансовой поддержке международных организаций Wetland International, TESIS, секретариата Рамсарской конвенции, Правительства Нидерландов, международного проекта «Телма».

На таком уровне составляются списки охраняемых болот. Например, в Ленинградской области к 1991 году в составе особо охраняемых территорий находилось 12% болот (98 тыс. га), в том числе болота Нижнесвирского заповедника (14 тыс. га) и заказник «Мшинское болото» (38,1 тыс. га). Но, надо полагать, человечество не может решить проблему охраны природы на Земле созданием только заповедников. Отклонение от оптимальных пропорций может привести к отрицательным хозяйственным и экологическим последствиям.

Существенный недостаток вышеприведённых направлений кроится в отсутствии системного подхода к торфяным болотам, как части всего природного комплекса.

**Третье (научное) направление.** При выделении охраняемых болот с позиций рационального природопользования необходимо иметь в виду, что торфяные болота – это не только природный ресурс, но и ландшафтная оболочка, выполняющая ряд функций. В связи с этим между различными формами рационального природопользования на торфяных болотах предполагается соблюдение пропорциональности, объективно обусловленной размерами болот, степенью их изученности, качественной характеристикой торфов, а также потребностью в торфяной продукции, земельных угодьях и биосферной необходимостью сохранения части болот в естественном состоянии.

Северо-Западный, Уральский и Сибирский федеральные округа отличаются широкомасштабным заболачиванием территории, на которой торфяным плащом покрыты не только пониженные элементы рельефа, но и водораздельные пространства. Например, общая заболоченность территории Западно-Сибирской равнины площадью почти 3 млн. км<sup>2</sup> в среднем составляет 50 %, достигая в отдельных речных бассейнах 70-80 %. Воздействие гидролого-геоморфологических факторов на заболачивание данных территорий спонтанно усиливается во времени, так как рельеф нивелируется ростом торфяников, что одновременно вызывает старение речной сети и дальнейшее ухудшение условий дренирования. Изменчивость гидроклиматических факторов обуславливает изменение интенсивности дренирования, что, в свою очередь, может вызывать ослабление или усиление поступательного развития болот. Только при изменении климата в сторону заметной аридизации возможно коренное изменение

водного баланса болотных массивов и их регрессия. Проявление новейшей тектоники положительного знака на данных территориях не приводит к сокращению площадей болот, так как темпы тектонических поднятий и торфонакопления, как правило, совпадают. Поэтому при неизменных климатических условиях процесс заболачивания необратим. Эти территории характеризуются особым флористическим составом болотно-растительных сообществ, значительным разнообразием свойств торфов, преобладанием крупных торфяно-болотных систем, образовавшихся в результате слияния большого числа болотных массивов и поэтому имеющих сложное строение торфяных залежей.

Следовательно, для условий территорий, характеризующихся преобладанием крупных болотных систем с высокой степенью озерности и уникальной болотной гидрографической сетью, необходима разработка других критериев выделения ЭХФ, в том числе охраняемого, что позволило бы грамотно разделить их по направлениям использования. Без этих критериев приступить к оптимизации рационального природопользования на торфяных болотах России не представляется возможным.

На примере Васюганского болота, площадь которого составляет 5 млн. га, рассмотрим разработанные нами критерии выделения охраняемого фонда для малоизученных заболоченных территорий. Направления использования разнородных участков крупного месторождения были определены по известным закономерностям в распределении залежей разного строения. Так на Васюганском болоте выделен участок, занимающий главный водораздел рек Обь-Иртыш и несколько участков (отрогов), расположенных на водоразделах рек Обского бассейна. Распределение такого гигантского месторождения по ЭХФ не имеет аналогов не только в отечественной, но и в мировой практике. В связи с этим был предложен поэтапный подход в определении направлений рационального природопользования на Васюганском болоте. На первом этапе часть болота отнесена в неиспользуемый фонд. Поскольку данное болото расположено в трех торфяно-болотных провинциях, соответственно, оставлены в естественном состоянии три водораздельных участка: Парбиг-Кенга, расположенный в Бакчарской торфяно-болотной провинции; Чижалка-Чузык-Амелич, расположенный в Васюганской торфяно-болотной провинции; Махня-Кедровка, расположенный в Салымо-Юганской торфяно-болотной провинции.

Выбор перечисленных водораздельных участков базировался на следующих критериях:

- слабая освоенность территории;
- наличие рек второго порядка;
- повышенная обводненность;
- наличие ценных охотничье-промысловых угодий или орехово-промысловых зон;
- относительно низкое содержание ценных запасов сырья;

– низкие эксплуатационные качества залежи.

В данном распределении Васюганского болота по ЭХФ не учтены два фактора. **Первый** из них – целостность природных комплексов. Реализация этого принципа по отношению к крупным торфяно-болотным системам наталкивается на трудности выявления водного режима обособленных участков в границах единой торфяно-болотной системы. **Второй фактор** – прогноз изменения водного режима при хозяйственном освоении территории, в особенности в больших масштабах (например, переброска стока северных рек).

Учёт вышеуказанных факторов требует масштабных предварительных исследований. Поскольку до настоящего времени такая работа не проведена, нами использовались более простые подходы. В частности, при распределении отрогов Васюганского болота по ЭХФ водоохранные участки выделяли при выполнении следующих условий:

– высокая обводненность участка водораздельного болота, поверхность которого на 50% и более покрыта озерами;

– из участка вытекают не менее двух рек 3 - 4-го порядка.

В запасной фонд выделяли, в основном, центральные участки водораздельного массива, имеющие наиболее мощную и однородную залежь. Разрабатываемый и земельный фонд располагали по периферийным участкам, сложенным пестрыми по строению разнотипными залежами небольшой глубины. В результате часть Васюганского болота на водоразделе Икса-Бакчар была разделена на 10 участков. Четыре из них составляют охраняемый фонд, 3 – запасной (металлургическое топливо и гидролизное сырье) и 3 периферийных мелкозалежных участка отведены под лесные угодья. На последующих этапах, по мере накопления опыта и разработки критериев выделения фондов, необходима коррекция в распределении Васюганского болота по эколого-хозяйственным фондам.

Разработка планов рационального природопользования на торфяных болотах России должна проводиться в рамках единого методологического подхода, вскрывающего причины заболачивания, объективно отражающего динамику современных болотных процессов и определяющего рациональные направления природопользования.

*Поэтому в основу рационального использования торфяных болот и их распределения по эколого-хозяйственным фондам должен быть положен тип водного питания, который определяет характер торфяной залежи, виды и способы мелиоративных мероприятий.*

Торфяные болота – это, безусловно, объект мелиорации, поэтому степень мелиоративного воздействия и его последствия должны быть предварительно оценены на основе моделирования водного баланса территории.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что между различными формами рационального природопользования на торфяных болотах должны

существовать разумные пропорции, объективно обусловленные величиной торфяного фонда в регионе, его количественной характеристикой, потребностью в торфяной продукции, земельных угодьях, биосферной необходимостью сохранения части торфяников в естественном состоянии. Причем, мелиоративное и водохозяйственное воздействие в бассейнах не должно изменять составляющие водного и солевого балансов более чем на 25-30% от естественных колебаний стока (поверхностного и подземного) или не превышать амплитуд 30-40 летних природных ритмов в колебаниях стока, как предела обратимости отрицательных сдвигов.

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть, что торфяные болота – это одновременно производственный ресурс, элемент ландшафта, сельскохозяйственные и лесные угодья, гидрологические объекты. Поэтому решение вопроса о разделении торфяных болот России на эколого-хозяйственные фонды явилось бы важным шагом в поддержании социально-экономической и экологической безопасности страны.

УДК 631.671;43;556.01

## **ПРОБЛЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК В СОВРЕМЕННЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**С.Д. Исаева, Н.Н. Рыбина**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Основные проблемы использования водных ресурсов в современном мире связаны с их ограниченностью, а во многих регионах – дефицитом, и с ухудшением их качества. Проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения в России обусловлены, как во всем мире, с общим состоянием водных ресурсов и с особенностями современного этапа развития экономики. С учетом существующих проблем в национальной программе «Развитие водохозяйственного комплекса России» особо выделено состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения, которое признано неудовлетворительным, в том числе и в АПК. Очевидно, что нормализация ситуации возможна на основе разработки стратегии развития водохозяйственного комплекса АПК и разработки целевых тактических мер по ее реализации. Несомненна важность совершенствования экономических принципов водных отношений.

Россия - одна из наиболее обеспеченных водными ресурсами стран мира: суммарный объем пресных природных вод в РФ - 60 тыс. км<sup>3</sup>., в расчете на 1 человека их величина составляет 31,0 тыс.м<sup>3</sup>/год. По определению Европейской Экономической Комиссии ООН малообеспеченной считается страна, в которой приходится менее 1,7 тыс. м<sup>3</sup>/год воды на одного человека. Для сравнения, во-

дообеспеченность в США – 7,4 тыс.м<sup>3</sup>/год; в Беларуси – 5,7 тыс.м<sup>3</sup>/год; в Германии – 1,9 тыс.м<sup>3</sup>/год.

Суммарный водозабор из природных водных объектов в 2002 году составил около 84 км<sup>3</sup>. Из них на долю поверхностных источников приходится около 80 %, подземных – только 14 %. Для большинства стран Европы использование подземных вод составляет 75-90% от потребляемых водных ресурсов. В России для хозяйственно-питьевого водоснабжения используется 63,1 % из отбираемого объема подземных вод (около 33,9 млн.м<sup>3</sup>/сут.). (Л.С. Язвин, Б.В. Боревский, 2003 г). Подземными водами обеспечиваются потребности в питьевой воде более 80% сельского населения и почти 50% городского. Ресурсы подземных вод ограничены и, в определенных условиях, исчерпаемы.

Решение проблем водобеспечения АПК зависит от состояния водных ресурсов и от состояния природной среды в целом. К настоящему времени под воздействием техногенных факторов произошли существенные изменения условий формирования водных ресурсов в пределах водосборных бассейнов. Гидротехническое строительство, орошение и осушение земель внесли значительные изменения в гидрологические и гидрогеологические условия формирования водных ресурсов и отразились на состоянии окружающей среды.

Последствия техногенного воздействия на природную среду и водные ресурсы по-разному проявляются в разных зонально-климатических и геологических условиях. В определенных условиях эксплуатация подземных вод, как крупными водозаборами, так и многочисленными одиночными эксплуатационными скважинами приводит к региональному снижению уровней подземных вод. Такое понижение наблюдается в Московской и Ленинградской области, в районе Донбасса подземные воды сдренированы на сотни тысяч км<sup>2</sup> и др. При этом, в Московском артезианском бассейне, например, наблюдается истощение ресурсов, ухудшение качества воды. Нарушаются условия водоснабжения населенных пунктов, предприятий. Острый дефицит водных ресурсов из-за природных условий или чрезмерной техногенной нагрузки создает значительные трудности с обеспечением сельского водоснабжения в Прикаспии, Нижнем Поволжье, Калмыкии, в ряде районов Северного Кавказа, Урала, Западной Сибири и Дальнего Востока. В некоторых районах воды питьевого качества отсутствуют. Обеспечение потребностей питьевого водоснабжения в таких условиях перерастает в проблему территориального перераспределения и рационального использования водных ресурсов.

В ряде случаев (Среднее Поволжье) происходит формирование искусственных запасов пресных подземных вод при фильтрации из водохранилищ, но при этом ухудшается эколого-мелиоративная обстановка на прилегающих территориях из-за подъема грунтовых вод и подтопления сельскохозяйственных земель, населенных пунктов. На этом фоне активизируются экологически неблагоприятные процессы: вторичное засоление, карсто- и оползнеобразование и

другие. Растворенные соли из зоны аэрации поступают в грунтовые воды, используемые для водоснабжения сельского населения, ухудшая их качество. В зонах развития карста облегчается проникновение загрязняющих веществ с поверхности в водоносные горизонты. Источником поступления загрязняющих веществ (стронция, бария, лития, марганца, железа и др.) могут являться и породы, слагающие водоносные горизонты. Ситуация осложняется на землях сельскохозяйственного использования. В таких условиях возникает проблема регулирования связи поверхностных и подземных вод для обеспечения благоприятной экологической обстановки и предотвращения загрязнения подземных вод на сельскохозяйственных мелиорируемых землях.

С 1990 г. из-за экономического спада в России использование пресной воды снизилось на 31%, при этом в промышленности на 15 км<sup>3</sup>/год, в сельском хозяйстве – на 10 км<sup>3</sup>/год. Сократились за последнее десятилетие до 4,5 млн. га и площади орошаемых земель, поливается около 3 млн.га, причем для регулярного и лиманного орошения используется около 9 км<sup>3</sup>/год. Объем загрязненных стоков в сельском хозяйстве с 1990г. по 2002 г. сократился с 2 км<sup>3</sup> до 1,2 км<sup>3</sup> и составляет относительно немного - 6% от суммарного сброса (20 км<sup>3</sup>) загрязненных вод в водоемы. Однако снижение техногенной нагрузки на многие поверхностные водные объекты не привело к заметному улучшению их качества, по-видимому, из-за предшествующего многолетнего нарушения условий развития процессов самоочищения. Интенсивная техногенная нагрузка на речные экосистемы, в том числе и от сельского хозяйства, существенно влияет на качество речных вод. Основные реки России (Волга, Дон, Кубань, Обь, Енисей и др.) оцениваются как «загрязненные», их крупные притоки (Ока, Кама, Томь, Иртыш и др.) как «сильно загрязненные».

В результате природного и техногенного загрязнения водных ресурсов водой, не соответствующей стандартам качества, в сельской местности РФ используется 29,5 млн. человек. При этом 6,2 млн. человек (16% сельского населения) используют для хозяйственно-питьевых нужд без соответствующей подготовки подземные воды с минерализацией от 1 до 5 г/л и жесткостью от 7 до 15 и выше мг-экв/л.; 7,3 млн. человек (19% сельского населения) используют для хозяйственно-питьевых целей подземные воды с превышением предельно-допустимых концентраций по железу и марганцу.

Загрязнение вод хозяйственно-питьевого назначения в АПК происходит за счет применения минеральных удобрений, пестицидов, животноводческих стоков. Грунтовые воды и, в меньшей степени, воды первого от поверхности напорного водоносного горизонта подвержены загрязнению. Отличительной особенностью загрязнения подземных вод является то, что оно проявляется как следствие загрязнения других природных ресурсов, а именно атмосферы, почв, поверхностных вод. Проникновение загрязнителей в грунтовые воды определяется типом почв. Наибольший вынос нитратов в грунтовые воды отмечается в

зоне распространения южных черноземов, значительно меньший – в зоне оподзоленных выщелоченных и типичных черноземов. Фосфорные удобрения накапливаются в почвах, но их вынос резко возрастает в условиях засоления почв. Калий и магний связываются в почвах и их вынос в подземные воды незначителен. В сухостепной зоне нейтральная водная среда сменяется щелочной, накапливаются сульфаты кальция, способствующие растворению и миграции гумуса, снижая плодородие почв. Для предупреждения подобных негативных процессов необходимы наблюдения за состоянием почв и грунтовых вод и соответствующие прогнозы с применением современных моделей миграции веществ в системе «почвы - зона аэрации – подземные воды». При этом необходима оценка риска (вероятности) возникновения загрязнений, развития экологически неблагоприятных последствий сельскохозяйственной, мелиоративной и водохозяйственной деятельности в зависимости от почвенных, геологических, гидрогеологических особенностей территории. Необходимые наблюдения может выполнять служба, имеющая длительный опыт работы по контролю гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых и осушенных земель. Важным этапом должна стать реставрация и развитие службы гидрогеолого-мелиоративного контроля с расширением сферы контроля с учетом современных требований обеспечения устойчивого развития АПК на основе мелиорации земель и рационального природопользования (название службы может быть изменено).

Наряду с показателями состояния мелиорируемых земель, разработанными в 70-80-е гг. Д.М. Кацем, Н.И. Парфеновой и др., должны быть введены показатели экологической устойчивости геосистем разного иерархического уровня. Показатели должны характеризовать изменение условий формирования водных ресурсов в пределах водосборных бассейнов: нарушение режима и баланса поверхностных и подземных вод; изменение их качества с учетом загрязнений; вынос минеральных, и других веществ с дренажным и диффузным стоком с сельскохозяйственных угодий в водные объекты. Анализ информации службы гидрогеолого-мелиоративного контроля позволит выявить тенденции развития процессов и разработать адекватную ситуации систему регулирования взаимодействия поверхностных и подземных вод. Цель регулирования - снижение экологических рисков и возможных ущербов при функционировании водохозяйственных систем, обеспечение населения водой нормативного качества, снижение загрязнения поверхностных и подземных вод и предотвращение истощения водных ресурсов.

Наибольшую экологическую опасность представляет собой загрязнение подземных вод на водозаборах питьевого водоснабжения. На территории России в 2002 г., например, выявлено около 500 водозаборов подземных вод, включая рассредоточенные одиночные водозаборные скважины, в которых наблюдается постоянное или эпизодическое несоответствие качества подземных

вод установленным требованиям, в том числе на 100 водозаборах с производительностью от 1 до 5 тыс.м<sup>3</sup>/сут и на 80 – с производительностью более 5 тыс.м<sup>3</sup>/сут.

Водоснабжение сельских населенных пунктов и объектов сельхозпроизводства принципиально ничем не отличается от других объектов за исключением относительно небольших объемов водопотребления (от первых сотен м<sup>3</sup>/сут до 1-2 тыс. м<sup>3</sup>/сут). В свое время основная часть месторождений подземных вод разведывалась для крупных городов и поселков, требующих десятки и сотни тысяч м<sup>3</sup>/сут. Мелкие же потребители, в том числе сельскохозяйственные населенные пункты и объекты АПК, разведанными запасами в ряде случаев не обеспечены из-за сложности природной обстановки и ограниченности запасов подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого использования. Обеспечение их может быть реализовано на базе комплексного использования поверхностных и подземных вод (В.С.Ковалевский, 2003). При этом, подземным водам, как менее загрязненным и требующим меньших вложений в водоподготовку с целью соответствия требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, следует уделять повышенное внимание и не расходовать на технические цели, особенно, в условиях их замедленного восполнения.

Перестройка экономики страны осложнила ситуацию с обеспечением водоснабжения в АПК. Существующее снижение потребления подземных вод объектами АПК определило сокращение производительности групповых водозаборов, обеспечивающих крупные хозяйства. Появились многочисленные одиночные водозаборы, подающие воду на небольшие сельскохозяйственные фермы. При этом ранее пробуренные отдельно стоящие скважины вблизи старых разрушенных ферм (обычно летних) не используются, но становятся потенциальным источником загрязнения подземных вод.

В свое время для водоснабжения сельских населенных пунктов было пробурено 178 тыс. скважин, из которых половина заложена еще до 1975г. (А.Н. Рожков, 2005). Средний амортизационный срок работы скважин составляет 17-20 лет. Следовательно, основной состав скважин давно превысил допустимый срок работы и его техническое состояние крайне низкое, 75% всех скважин требует ремонта или ликвидации (В.М. Беляков, 2004). Необходима реставрация скважинного хозяйства, бурение новых скважин для питьевого водоснабжения. Представляется, что улучшение состояния скважинного хозяйства возможно и за счет совершенствования управления фондом недр в процессе лицензирования. Лицензия на пользование недрами с целью добычи подземных вод должна выдаваться на условиях корректной эксплуатации водоносного горизонта технически исправной скважиной. При этом скважины в плохом техническом состоянии (при подтверждении геофизическими исследованиями), должны подвергаться ликвидационному тампонажу.



Негативное влияние на состояние водоснабжения в современных условиях развития АПК оказывает и практически не регламентированный государством процесс бурения скважин на воду. Это позволяет буровым организациям бурить скважины без проекта и учета геологического строения, нарушая изоляцию водоносных горизонтов, создавая все предпосылки для проникновения загрязнения с поверхности земли. Организация зон санитарной охраны в таких ситуациях не всегда соблюдается.

Таким образом, отмеченные особенности показывают, что обеспечение хозяйственно-питьевого водоснабжения в АПК является комплексной экологической, экономической и социальной проблемой. Решение предполагает проведение комплекса мероприятий, включая:

- изучение изменений условий формирования водных ресурсов под влиянием водохозяйственной, сельскохозяйственной, мелиоративной деятельности, в том числе оценку экологической устойчивости, риска ухудшения качества и истощения водных ресурсов;

- комплексное использование поверхностных и подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения сельского населения и объектов АПК;

- научно обоснованное нормирование техногенной нагрузки на водосборные бассейны (применение водосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве, введение утилизации и улучшение очистки дренажных вод, снижение объема сточных вод, поступающих в реки);

- совершенствование управления фондом недр в процессе лицензирования;

- совершенствование экономических принципов водных отношений.

УДК 532.5

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА МАЛОЙ РЕКИ ПРИ НАЛИЧИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СТОКОМ**

**О.Е. Киселева**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

**М. Хелмс**

Университет Карлсруэ, ФРГ

Проблема малых рек - одна из ключевых проблем гидрологии, экологии, водного хозяйства и других отраслей, связанных с использованием водных ресурсов. Малые реки в связи с их огромным числом представляют один из важнейших элементов географической среды и играют большую роль в жизни общества. Они обладают рядом свойств и особенностей, которые необходимо учитывать при разработке мероприятий по их рациональному использованию и охране. Одна из этих особенностей – ярко выраженная зависимость водности, гидрологического режима и качества воды малых рек от состояния поверхности водосбора.

При сельскохозяйственном освоении территории (а именно, при массовой распашке) на первый план выдвигаются проблемы эрозионной устойчивости почв водосбора малой реки и ее заиление. Для оценки объема смытой со склонов почвы и аккумуляции наносов используются эрозионные модели, при разработке которых прослеживается общая тенденция: сначала разрабатывается модель формирования речного стока, а затем к ней добавляются блок вводно-эрозионной составляющей.

В процессе разработки моделей стока, ориентированных на применение в гидрологических прогнозах, необходимо учитывать крайне ограниченное информационное гидрометеорологическое обеспечение. В этих условиях на практике получили развитие модели, оперирующие с осредненными по территории укрупненными показателями, отражающими в обобщающем виде реально протекающие природные процессы [1, 2]. Модели гидрологических прогнозов учитывают как метеорологические параметры (снегонакопление, температуру воздуха, осадки и др.), так и гидрологические (уровни и расходы воды в речной сети бассейна).

Осадки и водоотведение из снежного покрова подразделяются на эффективный сток и часть, задерживаемую водосбором. Различные методы и модели пытаются правдиво отобразить этот процесс. К ним относятся физически обоснованные, распределенные модели, содержащие в себе инфильтрационные модели: SHE [4], ECOMAG [7], с другой стороны концептуальные аккумуляционные концепции и концепции предельных значений: TAC [10], PREVAN [11], а также концепции с использованием коэффициента стока: метод SCS, созданный USGS - Soil Conservation Service [8, 9]; метод коаксиальной диаграммы [5], а также регионализация по Лутцу [6].

Коэффициент стока ( $\Psi$ ) представляет собой долю поверхностного и подповерхностного стока от объема выпавших на водосборе осадков. Слой поверхностного и подповерхностного стока обозначается также через эффективные осадки [3]. Таким образом, общий коэффициент стока за паводок может быть представлен как:

$$\Psi_o = N_{эфф} / N,$$

где  $N_{эфф}$  – слой эффективных осадков, (мм);  $N$  – слой осадков за паводок (мм).

Для анализа процесса формирования стока в бассейне малой реки Любожихи (20 км<sup>2</sup>) было принято 37 паводочных событий за безморозные периоды 2002-2006 таким образом, что количество осадков за событие превышает 5 мм. Некоторые из этих событий носят чисто информативный характер. Для них, в виду значительной задерживающей способности водосборного бассейна, была отмечена очень незначительная реакция стока.

Для выбранных событий были определены коэффициенты стока за дождевой период по формуле:

$$y = 3,6 \cdot \Delta t \frac{(\sum Q_i - \sum Q_{баз.и})}{F \cdot \sum N_i},$$

где  $\sum Q_i$  – сумма среднесуточных расходов в замыкающем створе (м<sup>3</sup>/с);  $\sum Q_{баз.и}$  – сумма среднесуточных расходов базисного стока (м<sup>3</sup>/с);  $\Delta t$  – расчетный временной интервал (24 часа),  $F$  – площадь водосборного бассейна (км<sup>2</sup>);  $\sum N_i$  – суточный слой осадков (мм).

Базисный сток был получен линейным методом, при котором за базисный сток начала события принимается расход воды в реке до дождя, за базисный сток конца события принимается сток после прохождения волны паводка.

Для вычисленных коэффициентов стока была построена сезонная зависимость (рис. 1). За дату события был принят первый день зарегистрированных осадков.

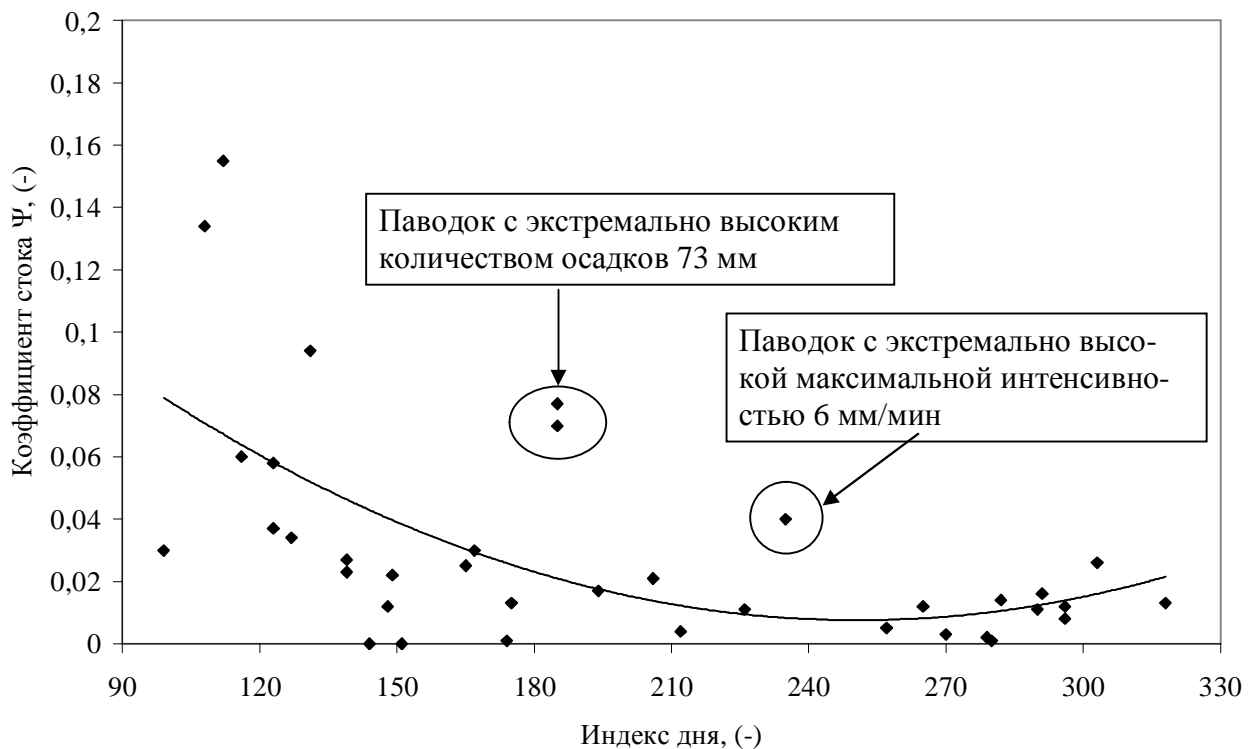


Рисунок 1 – Зависимость коэффициентов стока от сезона года, рассчитанная по материалам А.С. Керженцева, М.П. Волокитина и др. (ИФПБ РАН)

Несмотря на значительную дисперсию, легко различима сезонная зависимость коэффициентов. С апреля по конец июня коэффициенты стока уменьшаются с 0,155 до 0,001. В течение июля - сентября коэффициенты стока находятся в пределах 0,035 – 0,003. Какой либо тенденции в этот период не наблюдается. В октябре начале ноября происходит заметное увеличение значений коэффициента стока с 0,001 до 0,026.

Условия формирования стока зависят от водности года и от условий, в которых формировался сток в данный период. Характеристика условий формиро-

вания стока была оценена с помощью анализа значений базисного стока, количества осадков за событие, продолжительности и интенсивности дождя, средней температуры за предшествующие 30 дней, числа дней с окончания половодья, а также индекса предшествующего увлажнения, рассчитываемого по формуле:

$$API_i = \sum_{j=1}^{30} 0,9^j \cdot Inp_{i-j},$$

где в качестве  $Inp_{i-j}$  – принимается суточное количество осадков; для весеннего периода - водоотдача из снежного покрова (мм).

Для определения степени линейной зависимости между факторами, характеризующими условия формирования стока и коэффициентами стока был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ).

Из таблицы 1 видно, что коэффициентами стока и значениями базисного стока наблюдается отчетливая корреляция. Значительная рассеянность обусловлена влиянием других факторов: так при равном базисном стоке, увеличение количества осадков ведет к увеличению базисного стока (рис. 2).

Таблица 1 - Коэффициент корреляции Пирсона между факторами, характеризующими формирование стока и коэффициентами стока ( $\Psi$ ).

	Indexdiff	API	Qбаз., кбм/с	N, мм	T(ср. 30 дн.), °C
r (Пирсон)	-0,50606	0,6275984	0,843757	0,24834	-0,36164

Для учета всех факторов были рассчитаны прямые аппроксимирующие несколько диапазонов значений X (функции аппроксимации ЛИНЕЙН Microsoft Excel).

$$Y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + b,$$

где зависимое значение  $y$  — функция независимого значения  $x$ , значения  $m$  — коэффициенты, соответствующие каждой независимой переменной  $x$ ,  $b$  — постоянная. Когда имеется только одна независимая переменная  $x$ ,  $m$  и  $b$  вычисляются по следующим формулам:

$$m = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum (x^2)) - (\sum x)^2} \quad b = \frac{(\sum y)(\sum (x^2)) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum (x^2)) - (\sum x)^2}$$

В качестве дополнительной регрессионной статистики был вычислен коэффициент детерминированности, сравнивающий фактические значения  $y$  и значения, получаемые из уравнения прямой.

Для расчета регрессии необходима независимость независимых вариантов между собой. Так, достаточно высокая корреляция ( $r^2=0,8$ ), существующая между индексом предшествующего увлажнения и базисным стоком, не дает возможности их совместного использования.

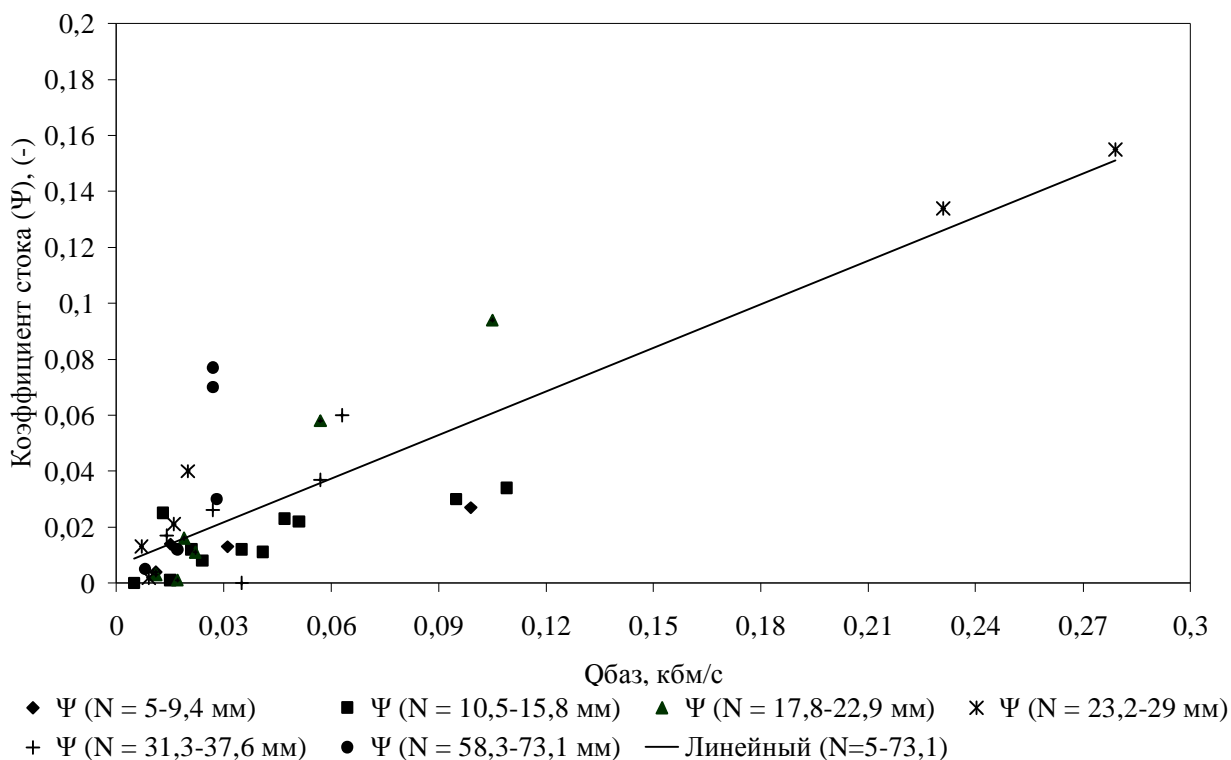


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента ( $\Psi$ ) стока от условий формирования стока: базисного стока ( $Q_{\text{баз}}$ ) и слоя осадков ( $N$ )

В результате корреляционно-регрессионного анализа получена зависимость, по которой можно вычислять коэффициент стока, при условии, когда в наличии имеются данные по базисному стоку:

$$\Psi = -0,0125 + 0,5421 Q_{\text{баз}} + 0,0007 \cdot N \quad (R^2 = 0,83);$$

Когда в наличии имеются лишь метеоданные, то коэффициент стока может быть рассчитан по уравнению множественной регрессии:

$$\Psi = 0,117 + 0,0005 \cdot API + 0,0007 \cdot N + 0,0002 \cdot \text{Indiff} - 0,0708 \cdot \lg(\text{Indiff}) \quad (r = 0,68)$$

Ввод дополнительной переменной  $\lg(\text{Indiff})$  возможен, т.к. между коэффициентом стока и индексом конца снеготаяния наблюдается нелинейная зависимость.

Данные аппроксимирующие зависимости могут использоваться для начальных расчетов по модели.

В дальнейшем предполагается рассчитать уравнения регрессии для сезонов года с целью лучшего учета условий формирования стока и проверить возможность получения коэффициентов стока с помощью методов регионализации.

### Литература

1. Бураков Д.А. Расчеты речных паводков с применением аналогов // Метеорология и гидрология. – 1982. – № 10. – С. 79-88.
2. Калинин Г.П., Милюков П.И. Приближенный расчет неустановившегося движения водных масс. Труды ЦИП.- 1958.- Вып. 66.-72 с.

3. СТ СЭВ 2263-80. ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО. ГИДРОЛОГИЯ СУШИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, пункт 102

4. Abbott M. B., Bathurst J.C., Cunge J.A., O'Connell P.E., Rasmussen An Introduction to the European Hydrological System – Système Hydrologique Européen, „SHE“, 2: Structure of a Physically Based, Distributed Modelling System; in Journal of Hydrology 87, 1987. - S. 61-77.

5. Koehler G. Niederschlag-Abfluss-Modelle fuer kleine Einzugsgebiete. Schriftenreihe des KWK, H. 25, Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1976

6. Lutz W. Berechnung von Hochwasserabflüssen unter Anwendung von Gebietskennwerten; in Mitteilungen des Inst. fuer Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universitaet Karlsruhe, 1986.

7. Motovilov Y. G., Gottschalk L., Engeland K., Belokurov A. ECOMAG: Regional Model of Hydrological Cycle. Application to the NOPEX Region, 1999.

8. Pilgrim D.H. und Cordery, I. Flood Runoff; in Maidment D.R. Handbook of Hydrology; McGraw-Hill, Inc.; New York. 1993.

9. Rawls W.J., Ahuja L.R., Brakensiek D.L., Shirmohammadi A. Infiltration and Soil Water Movement; in Maidment. Handbook of Hydrology; McGraw-Hill, Inc.; New York, 1993.

10. Uhlenbrook S. und Leibundgut C. Integration of Tracer Information into the Development of a Rainfall-Runoff Model; in IAHS Publ. No. 258, 1999.

11. Zappa M., Gurtz J., Jasper K. und Vitvar T. The Response of the Water Flows of the Boreal Forest Region at the Volga Source Area to Climatic and Landuse Changes; Bericht EU-Project INCO-COPERNICUS, ETH-Zuerich, 2001.

УДК 631.6.02: 626.8 (075.8)

## **ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ**

**С.И. Ковриго, М.А. Сазанов**

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия, Россия

Территория Калмыкии, расположенная в юго-восточной части Российского Прикаспия, относится к маловодообеспеченным регионам страны ввиду того, что гидрографическая сеть здесь развита очень слабо.

Основные объемы местного поверхностного стока, используемого на нужды республики (среднегодовые величины - до 300 млн. м<sup>3</sup>), по годам существенно варьируют и формируются главным образом на восточном склоне Ергенинской возвышенности, где расположено около 40 малых рек и балок с площадью водосбора от 30 до 780 км<sup>2</sup> и длиной от 20 до 60 км. Основной срок прохождения паводка - ранняя весна. Аккумулируется он в прудах и водохранилищах (общее количество которых около 400 при полезном объеме 140...150 млн. м<sup>3</sup>) и обеспечивает подпитывание естественных и инженерных лиманов.

Реки и балки юго-западного склона Ергеней и северного склона Ставропольской возвышенности весь свой сток сбрасывают в большой водоприемник-озеро Маныч-Гудило, и в другие озёра и лиманы.

В бессточном районе между реками Волгой и Кумой (Прикаспийская низменность), охватывающем более 70% территории республики, поверхностные водоисточники представлены только цепочкой солоноватых Сарпинских и Со-

стинских озер. Как источник орошения интерес представляет только озеро Сарпа (Цаган-Нур), являющееся аккумулятором сбросных вод с рисовых севооборотов Сарпинской оросительной системы.

На северо-востоке (в районе п. Цаган-Аман) республика имеет выход к реке Волга на участке в 10 км, а на юго-востоке – 200 км участок побережья Каспийского моря.

В связи с ограниченностью местных водных ресурсов хорошего качества, основные объемы воды для обеспечения нужд различных отраслей народного хозяйства Республики Калмыкия поступают из-за ее пределов из бассейнов рек Волги, Кубань, Терек и Кумы. Для этих целей на территории республики построено и эксплуатируется пять крупных обводнительно-оросительных систем (ООС): Черноземельская, Сарпинская, Калмыцко-Астраханская, Право-Егорлыкская и Каспийская.

Анализ водопользования из поверхностных источников показывает, что если в 80-х годах прошлого века ежегодно республика забирала более 1 млрд. м<sup>3</sup> пресной воды (в том числе до потребителя доходило 0,8...0,9 млрд. м<sup>3</sup>), то в 2000...2005 гг. водозабор стабилизировался на уровне 0,75...0,8 млрд. м<sup>3</sup>, а водоподача – в пределах 0,52...0,63 млрд. м<sup>3</sup>. Привлекаемые извне водные ресурсы составляют 98,5...99,6 % от общего количества. Наибольшие объемы (45...62%) поступают из рек Терек и Кумы, из Волги подается 30...45 % и из Кубани – 8,0...11,0 %. В целом суммарный забор на современном этапе не превышает 60% от установленного лимита.

Основной отраслью, использующей на данный момент и до этого только поверхностные воды, является мелиорация и общая тенденция снижения водопотребления также главным образом связана с уменьшением уровня потребления воды в ней. Если в структуре водозатрат в 1986...1992 гг. на орошение приходилось 60%, то в 2000 г. – 47%, а в 2005 г. – уже только 36,4 %. А связано это с тем фактом, что площади используемых орошаемых земель в настоящий момент сократились по сравнению с 1990 г. почти в 3,5 раза и поливами в 2005 г. было охвачено только 35% земель регулярного орошения и 60% лиманных систем.

Анализ качественного состава вод на оросительных системах для целей орошения показал, что водой отличного качества (минерализация до 1 г/л) поливается около 49% регулярно орошаемых земель, в т.ч. на Сарпинской и Калмыцко-Астраханской ООС (источник р. Волга) - 80 %, а на Право-Егорлыкской ООС – до 60 % (источник р. Кубань). Водой хорошего качества (1...2 г/л) орошается 45% земель, в т.ч. на самой крупной Черноземельской ООС - свыше 90 % (источник рр. Терек и Кума). Воды удовлетворительного качества (2...5 г/л), представленные дренажно-сбросными и смешанными (дренажно-сбросными в смеси с местным поверхностным стоком), используются на рисовых системах Сарпинской и Право-Егорлыкской ООС на 20...22 %.

Воды весеннего местного паводкового стока имеют хорошие качественные показатели (0,1...0,5 г/л). Часть из них используется сразу для затопления лиманов, но основные объемы, аккумулирующиеся в водохранилищах и прудах, имеют уже более низкое качество (минерализация колеблется в зависимости от сезона и объема стока от 2 до 5 г/л).

Морские воды Северо-Западного Каспия, опресненные стоком р. Волги (минерализация до 1,5 г/л), по объему не лимитированы и вполне пригодны для орошения, но пока слабо используются из-за того, что инженерные сети Каспийской ООС, расположенные на побережье, были затоплены и подтоплены в результате подъема уровня моря, а варианты доставки воды в глубину территории республики (как самотечным способом по сети каналов, так и механическим – по трубопроводам), неоднократно предлагавшиеся учеными и проектировщиками, не нашли практического применения.

С учетом почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий можно дать следующую общую оценку поверхностных вод и особенностей их применения для орошения в условиях Калмыкии:

- воды I класса (0,3...0,8 г/л) пригодны для полива всех сельскохозяйственных культур на всех типах почв, поскольку не вызывают негативных экологических последствий;

- воды II класса (1,2...1,5 г/л) могут со временем вызвать увеличение степени засоления и солонцеватости почв, а также привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Орошение ими должно быть строго регламентированным, с постоянным контролем мелиоративного состояния земель и режима грунтовых вод;

- воды III и IV классов (2,0...5,0 г/л) ограниченно пригодны для орошения, так как полив ими вызывает засоление и осолонцевание почв и снижает урожайность сельскохозяйственных культур на 15...50 % и более. Их использование возможно только на почвах легкого и среднего гранулометрического состава при наличии эффективного естественного или искусственного дренажа и применении комплекса мероприятий по улучшению качественного состава (внесение химических мелиорантов, очистка и т.п.), а также при возделывании культур-галофитов.

Помимо поверхностных, одной из составляющих частей водных ресурсов Калмыкии являются и подземные воды, т.к. на территории республики сочленяются 4 крупных артезианских бассейна (АБ): Ергенинский, Прикаспийский, Азово-Кубанский и Восточно-Предкавказский.

Прогнозные запасы подземных вод с минерализацией от 0,4 до 10 г/л (которые пригодны для различных нужд народного хозяйства) составляют около 950 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в т.ч. с минерализацией до 1,5 г/л – 110 тыс. м<sup>3</sup>/сут (около 12 %), до 3 г/л – 309,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут (33%) и более 3 г/л – 518,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут (55%). Ресурсы более минерализованных вод не определялись. Основное направление



использования подземных вод – питьевое и сельскохозяйственное водоснабжение. До настоящего времени разведано всего около 30 крупных месторождений подземных вод, пригодных для питьевого водоснабжения, т.е. с минерализацией до 2 г/л. Однако только 12 из них эксплуатируется. В то же время обширные горизонты напорных вод, вскрытые многочисленными артезианскими скважинами на юге и юго-востоке республики, только частично используются для водопоя скота и локального водоснабжения животноводческих стоянок, т.к. в большинстве случаев обладают повышенным содержанием солей и плохим качеством из-за наличия в них фенола, мышьяка и метана. Поэтому без соответствующей очистки их использовать нельзя.

Необходимо отметить и тот немаловажный факт что, многие из горизонтов минерализованных подземных вод относятся к лечебно-столовым минеральным водам (сегодня насчитывается более 20 их типов, сертифицированных федеральными органами здравоохранения и по оздоровительным свойствам не уступающих, а иногда и превосходящих знаменитые источники). И это достаточно крупные ресурсы. Поэтому экономически и экологически целесообразно исследовать и организовать в Калмыкии расширенное промышленное производство по розливу лечебно-столовых вод и создать сеть лечебниц, санаториев и других медицинских учреждений, так как еще в XIX веке была известна их целительная способность и здесь лечились даже члены царской семьи Российской империи, но до сих пор (включая советский период) данный потенциал не реализован.

По проблемам питьевого и сельскохозяйственного водоснабжения, следует отметить, что в настоящее время в целом по республике наблюдается дефицит воды - как по количеству, так и по качеству. Так, питьевая вода, подаваемая в г. Элисту из подземных месторождений Верхний Яшкуль и Загиста, имеет минерализацию до 2,6 г/л (при норме 1,0 г/л), т.е. превышает допустимую в 2,6 раза. Групповые магистральные водопроводы (Ики-Бурульский, Северный и Юстинский), построенные в середине 70...80-х годов прошлого века, практически не работают. Поэтому в большинстве населенных пунктов Калмыкии используется привозная вода из каналов, водоемов и скважин без соответствующей очистки. При этом потребление воды на душу сельского населения не превышает 25 л/сут (при норме 125 л/сут).

В обводнении пастбищ также не решены многие вопросы, но здесь в роли облегчающего фактора являются менее жесткие требования к качеству питьевой воды по видам сельскохозяйственных животных. Например, овцы являются наиболее неприхотливыми по отношению к качеству воды (предельно допустимая ее минерализация – 3...5 г/л). Поэтому для их водопоя используются высокоминерализованные, даже дренажно-сбросные воды. Однако использование дренажно-сбросных вод для водопоя должно быть дополнительно обосновано с учетом содержания в них загрязняющих веществ, в том числе тяжелых метал-

лов, биогенов, пестицидов. Для остальных видов животных требуется вода с меньшей минерализацией (КРС – 1,8...2,4 г/л, свиньи, лошади и верблюды – 1,0 г/л).

Для интенсификации работы водохозяйственного комплекса аграрного сектора экономики республики и обеспечения экологической безопасности в процессе его функционирования на современном этапе необходимо осуществление следующих мероприятий:

I. Соблюдение и обеспечение интересов всех водопользователей Республики Калмыкия при межрегиональном распределении и перераспределении водных ресурсов (как в настоящий период, так и в перспективе), предусматривающее:

- активное участие водопользователей в работе бассейновых управлений и советов и своевременное заключение соответствующих соглашений по лимитам забора водных ресурсов;

- строгий контроль за технико-экономическими и экологическими показателями крупных проектов перераспределения водных ресурсов.

II. Совершенствование системы управления водохозяйственным комплексом на территории республики в свете нового Водного кодекса РФ за счет согласованных действий и рационального распределения функций и обязанностей между федеральными и региональными органами, включающее:

- строгий учет количества и качества водных ресурсов (поверхностных и подземных) путем создания системы мониторинга на основе современных технологий (методов дистанционного зондирования – наземного и аэрокосмического, компьютерных геоинформационных систем и др.), которые позволяют создать динамическую базу данных и отражать в режиме реального времени на электронных картах водных ресурсов основные их параметры и оперативно принимать управленческие решения;

- повышение экономической отдачи от водохозяйственного комплекса путем введения рациональной и дифференцированной системы платного водопользования, которую требуется разработать с учетом интересов всех сторон - государства, субъекта федерации, муниципальных органов и отдельных водопотребителей.

III. Совершенствование инфраструктуры и технологий экосистемного водопользования, включающее:

- расширение площадей орошаемых земель, которые необходимо планомерно увеличить к 2015 г. до 175 тыс. га, совершенствования структуры посевов и внедрение оптимальных режимов орошения сельскохозяйственных культур, обеспечивающих строгое нормирование подачи воды в соответствии с требованиями растений в конкретную фазу их развития при обеспечении высокой продуктивности орошаемого земледелия;

- реконструкцию и восстановление существующих оросительно-обводнительных систем (ООС);

- продолжение строительства мелиоративных систем нового поколения, сочетающих в себе: многофункциональность (обеспечение различных нужд – орошения, сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и др.), техническое совершенство (применение современных высокоэффективных способов полива – дождевания; напуском по бороздам, полосам, лиманам, чекам и микрочекам; малообъемного орошения - капельного, локально-импульсного, аэрозольного и т.д.); комплексность и рациональное использование всех видов водных ресурсов;

- снижение потерь воды в системах и безвозвратного водопотребления, а также создание замкнутых систем водопользования;

- развитие системы водохозяйственного водоснабжения на основе восстановления и продолжения строительства крупных групповых водопроводов (Ики-Бурульского, Юстинского и Северного) с забором воды из реки Волга и Левокумского месторождения подземных вод; строительства локальных систем водоснабжения сельскохозяйственных населенных пунктов и пастбищных водопроводов с забором воды из каналов оросительных систем и артезианских скважин; более интенсивного использования линз безнапорных подземных вод на базе бездефицитных технологий искусственного пополнения водных запасов (в Прикаспийской низменности имеется более 5 тыс. понижений - лиманных, такыровидных и эоловых, под которыми формируются линзы, но запасы воды разведаны из них только на 20%); применение технологий опреснения минерализованных вод с использованием нетрадиционных источников энергии (солнца, ветра);

- охрану водных ресурсов и объектов (поверхностных и подземных) от загрязнения вредными веществами – ядохимикатами, нефтепродуктами и др. за счет предотвращения их несанкционированных сбросов или техногенных аварий, соблюдения водоохраных зон и т.д.;

- более интенсивное использование безлимитных запасов опресненных морских вод Северо-Западного Каспия за счет строительства каналов и трубопроводов для доставки воды вглубь территории Калмыкии;

- повышение эколого-экономической эффективности функционирования водохозяйственного комплекса АПК за счет совершенствования нормативно-правовой базы на региональном уровне (целесообразна разработка и законодательное принятие Водного кодекса Республики Калмыкия), так как дефицит собственных водных ресурсов является приоритетной проблемой при создании благоприятных условий для здоровья и нормального проживания населения практически на всей территории Республики Калмыкия.

## **ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МЫШЬЯК В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, Е.Н. Гетьман, Б.И. Корженевский**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Иваньковское водохранилище – водоем долинного типа, основные параметры которого при НПУ, равном 124,0 м, следующие: площадь – 327 км<sup>2</sup>; объём – 1,12 км<sup>3</sup>; длина – 143 км; наибольшая ширина – 8 км; средняя глубина – 3,4 м; максимальная – 19 м. Водосборная площадь водохранилища составляет около 41 тыс. км<sup>2</sup>, оно мелководно, глубины до 2,0 м занимают 48% всей площади водоема [2]. Водохранилище было создано в 1937 году с целью улучшения коммунального и промышленного водоснабжения, судоходства, гидроэнергетики, развития рыбного хозяйства и зон отдыха. Традиционно по геоморфологическим особенностям затопленной территории (по форме котловины, очертаниям и характеру берегов) водохранилище разделено на три плеса – Волжский, Иваньковский и Шошинский. По А.В. Гавеману Волжским плесом называется участок от г. Твери до устья р. Созь, Иваньковским – участок водохранилища от устья р. Созь до плотины, Шошинским – затопленная долина р. Шоши [2].

После создания водохранилища рядом научно-исследовательских учреждений начато системное изучение его гидрологического и гидрохимического режимов, формирование флоры и фауны. Не останавливаясь на ретроспективе многочисленных исследований, отметим последнюю крупную работу: «Иваньковское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны» [2], подготовленную коллективом Института водных проблем (ИВП РАН) в 2000 году. В ней рассмотрен широкий круг вопросов гидрологического режима водохранилища, формирования качества вод и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях, состояние гидробиоценозов.

Гидрохимический и гидробиологический режимы Иваньковского водохранилища изучены довольно хорошо. Но до настоящего времени нет корректного обобщения результатов многолетних исследований. Это объясняется тем, что исследователи применяли различные методики исследования, критерии, способы оценки и временные масштабы, что создает часто разнородную картину, иногда даже не сопоставимую. Последнее особенно характерно для изучения загрязненности донных отложений. В исследования вовлекаются весьма неоднородные по гранулометрическому составу донные отложения: от тонких илов до разнозернистых песков. Дальнейшая интерпретация результатов весьма затруднительна и степень обоснованности выводов исследований больше опреде-

ляется субъективными факторами, главные из которых – уровень профессиональной подготовки, эрудиция и опыт автора.

С 1992 г. ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии проводит совместные исследования с Институтом геохимии окружающей среды Гейдельбергского университета (ФРГ) по изучению загрязненности донных отложений различных водных объектов в бассейне Верхней Волги. Опираясь на полученный за эти годы опыт, настоящие исследования были выполнены с целью оценки техногенной нагрузки на Иваньковское водохранилище. Они являлись составной частью российско-германского проекта «Волга – Рейн».

В ходе экспедиции 2001 года была отобрана 21 проба донных отложений собственно водохранилища, из которых 6 в верхнем бьефе плотины, а в 2006 году были отобраны 23 пробы, из которых 3 в верхнем бьефе. При выборе схемы пробоотбора водохранилище было разбито на серию створов. Как правило, точки отбора были привязаны к створам ИВП РАН, который ведет исследования здесь с 1984 года. Схема отбора проб донных отложений на Иваньковском водохранилище в 2001 и 2006 годах приведена на рисунке 1. Пробы № 1 – 3 в 2006 году были отобраны в г. Твери и непосредственно ниже по течению, поэтому они на рисунке не представлены. В каждом створе отбиралась одна проба. Но на границе Волжского и Иваньковского плесов в 2001 году для контроля были отобраны 2 пробы в створе (пробы № 9 и 10), также 2 пробы были отобраны в устьевой зоне реки Созь. Схема отбора проб в 2006 году была практически аналогичной, только в вышеупомянутых створах было отобрано по одной пробе (№ 13 и 14), так как аналитические исследования показали достаточность отбора одной пробы в створе на данных участках водохранилища. Была добавлена одна точка отбора на участке между пробами № 7 и № 8 (2001 г.). Это акватория Волжского плеса между пос. Плоски и г. Конаково. Наиболее благоприятным для отбора проб донных отложений следует считать период с июля по октябрь (летне-осенняя межень).

При отборе песчаные донные отложения (особенно русловые фации аллювия) отбраковывались, преимущество отдавалось более глинистым разностям. Донные отложения отбирались дночерпателями грейферного типа, из них удалялись крупный мусор и органические остатки (древесина, листва и пр.). После гомогенизации осадка из него отбирались пробы для аналитических работ весом от 300...500 до 1000 г., которые упаковывались в пластиковые пищевые пакеты. Их хранение и транспортировка осуществлялись в бытовых сумках-холодильниках в полевых условиях и в лаборатории в холодильниках при температуре около 4°C.

Основным исследованием было определение содержания в донных отложениях 11 тяжелых металлов (Cd, Hg, Pb, Zn, Cr, Co, Cu, Ni, Fe, Mn, Ag) и мышьяка (As). Для определения степени загрязнения донных отложений выше-

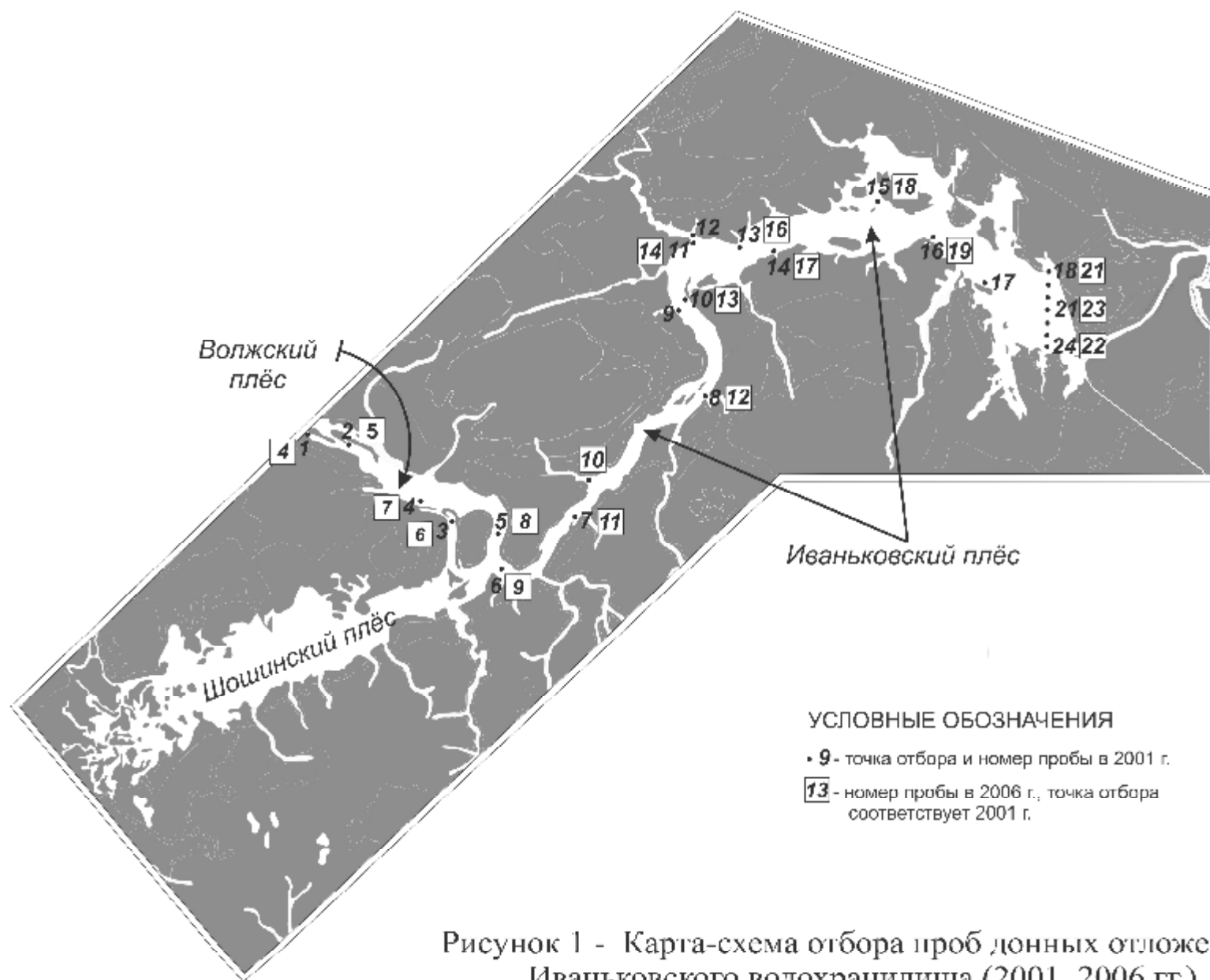


Рисунок 1 - Карта-схема отбора проб донных отложений  
Иваньковского водохранилища (2001, 2006 гг.)

указанными элементами была использована методика оценки техногенного поступления элемента в природную среду на основе игео-классов Г. Мюллера (1979). Классификация загрязненности донных отложений по игео-классам Г. Мюллера неоднократно публиковалась [4 - 6], поэтому в данной статье она не приводится. Особо подчеркнем лишь тот факт, что в основе данной методики лежит принцип выделения из каждой пробы «сорбирующей» фракции < 0,020 мм. В широко известных работах Аттерберга (Atterberg, 1912) [по 1] по изучению физических свойств фракций механических элементов в качестве весьма существенной границы принята величина 0,020 мм. Фракции мельче этой величины проявляют свойства глины. В последствии специалисты пытались доказать, что глинистые свойства присущи частицам мельче 0,010 мм. Однако последующие работы это не подтвердили, поэтому границы 0,020 мм и 0,010 мм представляются довольно условными. Фракции мельче этих величин часто в грунтоведении и почвоведении именуется фракциями «физической глины». Грунтоведы и почвоведы России обычно считают «физической глиной» фракцию менее 0,010 мм, а в Европе – менее 0,020 мм. В настоящее время в ФРГ и других странах ЕС промышленно выпускаются стандартизированные по DIN (стандарт ФРГ) лабораторные нейлоновые сита с размером ячеек 0,020 мм. Использование этих сит для выделения фракции мельче 0,020 мм резко упрощает методику подготовки проб донных отложений к анализам.

Определение концентраций химических элементов в выделенных фракциях проб донных отложений проводилось атомно-адсорбционным методом после их разложения в «царской водке» в Институте геохимии окружающей среды Гейдельбергского университета (ФРГ). Разброс значений концентраций элементов и их средние значения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Концентрации (мг/кг) тяжелых металлов и мышьяка во фракции < 0,020 мм донных отложений Иваньковского водохранилища (2001, 2006 гг.)

Элемент	2001 год			2006 год		
	Разброс значений	Среднее значение	Верхний бьеф плотины	Разброс значений	Среднее значение	Верхний бьеф плотины
<b>Cd</b>	0,03 – 0,94	0,47	0,62	0,68-2,25	1,00	0,80
<b>Hg</b>	0,06 – 0,33	0,21	0,21	0,10-0,47	0,17	0,16
<b>Pb</b>	13,9 – 69,7	23,6	19,1	16,75-176,65	30,99	23,02
<b>Zn</b>	272,3 – 649,7	471,1	461,7	174,39-466,55	299,53	408,57
<b>Cr</b>	50,4 – 115,7	77,4	63,8	50,98-83,39	67,66	71,66
<b>Co</b>	9,1 – 16,6	13,4	14,6	12,93-19,93	15,18	16,28
<b>Cu</b>	25,6 – 132,6	72,9	86,6	36,58-84,82	53,37	64,23
<b>Ni</b>	26,6 – 46,6	34,8	31,3	25,76-43,00	33,56	40,26
<b>Fe, %</b>	3,47 – 5,34	4,60	4,75	2,89-4,99	4,04	4,16
<b>Mn</b>	800 – 2100	1400	1400	663,2-4041,2	1455,9	1060,7
<b>As</b>	6,4 – 21,7	12,3	12,7	8,25-19,68	11,59	10,63

В верховьях Волжского плеса вблизи г. Городня в 2001 году превышение фоновых значений отмечено только для 3-х металлов: **Cd** (1-2 **игео**-классы); **Hg** (3 **игео**-класс); **Zn** (2-3 **игео**-классы). В 2006 году содержание этих металлов было на уровне 2-го, 0-го и 1-го **игео**-класса соответственно, а свинца – на уровне 1-3 **игео**-класса. В районе слияния с Шошинским плесом в 2001 году превышения фоновых концентраций отмечено по **Zn** (2-3 **игео**-классы); **As** (1 **игео**-класс) и **Cu** (1 **игео**-класс). В 2006 году картина загрязнения несколько изменилась и отмечаются превышения концентраций над фоном только по **Cd** (2 **игео**-класс) и **Zn** (1-2 **игео**-классы).

В районе г. Конаково и ниже в 2001 году отмечалось некоторое повышение концентраций по **Cd** (1 **игео**-класс) и **Hg** (2 **игео**-класс) и небольшое снижение концентраций по **Zn** (2 **игео**-класс). В 2006 году произошло повышение концентраций кадмия и свинца до уровня 2-го **игео**-класса, содержание цинка осталось на том же уровне, а содержание ртути снизилось до фоновых значений. В реке Лопуховка выше г. Конаково в 2001 году отмечено только незначительное превышение концентраций **Cd** (1 **игео**-класс), содержание остальных изученных элементов находилось на уровне фона. В связи с этим в 2006 году донные отложения реки Лопуховки не изучались.

Донные отложения Шошинского плеса характеризуются фоновыми значениями концентраций всех элементов, кроме **Zn** (1 **игео**-класс).

В устье р. Созь содержание всех металлов и мышьяка в 2001 году находилось на уровне фоновых значений, кроме **Zn** (2 **игео**-класс). В 2006 году содержание тяжелых металлов выше фона – на уровне 2-го **игео**-класса – было характерно только для **Cd** и **Zn**. В бассейне р. Созь в 2001 году были отобраны 2 дополнительные пробы, которые не показали какое-либо загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком.

На акватории Ивановского плеса в 2001 году было превышение концентраций **Cd** (1 **игео**-класс); **Zn** (2 **игео**-класс) и **Cu** (1 **игео**-класс), а в 2006 году отмечалось только превышение по **Cd** (1-2 **игео**-классы) и **Zn** (1-2 **игео**-классы). В верхнем бьефе плотины картина загрязнения в целом сохраняется. В 2001 году наблюдалось некоторое повышение концентраций **Zn** (2-3 **игео**-классы), тогда как в 2006 году концентрации **Zn** в донных отложениях снизились, но все же остаются на уровне 2-го **игео**-класса.

**Заключение.** Следует отметить некоторую специфику загрязненности донных отложений Ивановского водохранилища. Природной особенностью является повсеместное повышенное содержание в донных отложениях железа и марганца (табл. 1). В донных отложениях верхнего бьефа плотины отмечены повышенные концентрации только цинка, кадмия и меди, содержание остальных элементов близко их фоновым значениям. Исследования показали, что основными загрязнителями Ивановского водохранилища являются цинк и кадмий. Техногенная нагрузка по цинку может быть оценена от



слабой до умеренной [по 3]. Изменение содержания этих элементов в донных отложениях от верховья водохранилища (г. Городня) до верхнего бьефа плотины в 2001 и 2006 годах представлено на рисунке 2. Из него видно, что содержание цинка на всей акватории стало ниже, а содержание кадмия – выше. Исключение составляет приплотинный участок. Если в 2001 году при средних значениях Cd 0,47 мг/кг верхний бьеф характеризовался средними значениями 0,62 мг/кг, то в 2006 году средние значения Cd были 1,00 мг/кг, тогда как в верхнем бьефе – 0,80 мг/кг. Средние концентрации цинка в 2001 году были достаточно близки 471,1 и 461,7 мг/кг соответственно, то в 2006 году отмечены более значительные расхождения 299,53 и 408,57 мг/кг (табл. 1). Для донных отложений акваторий водохранилища вблизи городов в 2006 году было характерно повышенное содержание свинца: Тверь (3 иgeo-класс), Конаково (2 иgeo-класс), Городня (1 иgeo-класс). В 2006 году ни в одной пробе не было зафиксировано превышение фоновых концентраций мышьяка и ртути.

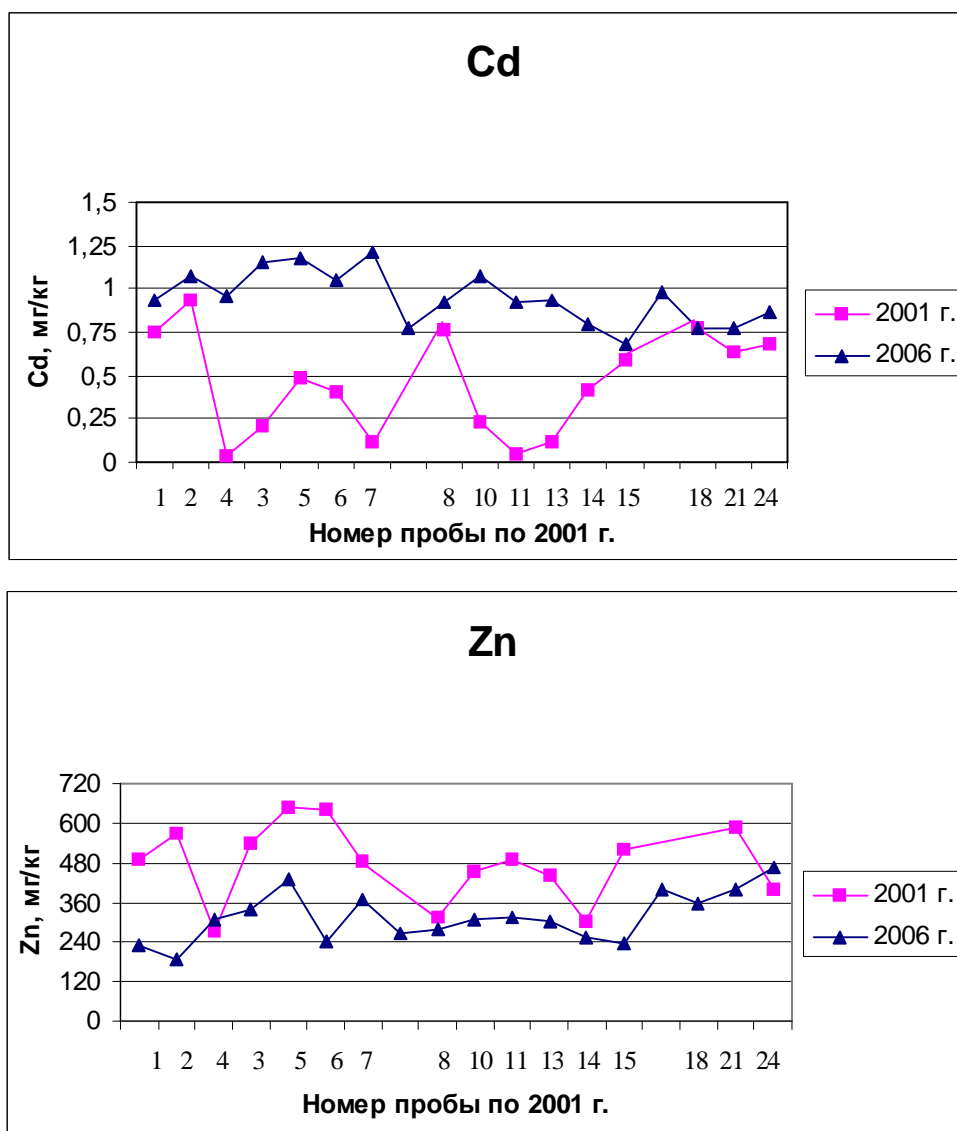


Рисунок 2 – Изменение содержания Cd и Zn в донных отложениях Иваньковского водохранилища (значения расположены по течению)

Данные, приведенные в статье, могут служить информационной базой для принятия решений по реализации природоохранных мероприятий, направленных на снижение поступления тяжелых металлов в Иваньковское водохранилище с поверхностными и сточными водами с сопредельных городских территорий и сельхозугодий.

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям Российской Федерации.

### **Литература**

1. Воронин А.Д. Основы физики почв: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
2. Иваньковское водохранилище: Современное состояние и проблемы охраны / В.А.Абакумов, Н.П.Ахметьева, В.Ф.Бреховских и др. – М.: Наука, 2000. – 344 с.
3. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Киселева О.Е., Корженевский Б.И. Загрязненность тяжелыми металлами донных отложений Иваньковского и Угличского водохранилищ // Юбилейный сборник научных трудов: Мелиорация и окружающая среда. Том 1. – М.: ВНИИА, 2004, с. 244 - 248.
4. Коломийцев Н.В., Райнин В.Е., Ильина Т.А., Зимина-Шалдыбина Л.Б., Мюллер Г. Исследования загрязненности донных отложений как основа мониторинга состояния водотоков // Мелиорация и водное хозяйство, 2001, № 3, с. 11 - 15.
5. Райнин В.Е., Коломийцев Н.В., Щербаков А.О., Мюллер Г. Оценка техногенной нагрузки на речные экосистемы в бассейне р. Оки по результатам исследования донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство, 1994, № 2, с. 14 - 16.
6. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н.Новосельцев и др. - Под ред. В.Е.Райнина и Г.Н.Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.

УДК 631.6:627.8

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ И ЗАБОЛАЧИВАНИЯ**

**Н.П. Курбатов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В результате постоянного протекания в почвенных покровах различных деградиционных процессов механического, химического, физико-химического, биологического и других видов почва истощается, ресурсы почвенного покрова сокращаются. По терминологии теории надежности ресурсы именуют суммарную наработку (продолжительность функционирования почвы от начала её эксплуатации) [3].

Переход почвы в предельное состояние влечет за собой временное или окончательное прекращение её эксплуатации. Причиной прекращения эксплуатации является чрезмерное снижение эффекта, в результате которого дальнейшая эксплуатация почвы становится экономически нецелесообразной.

Для решения задачи необходим выбор доминирующего процесса, вследст-

вие которого объект выходит из строя, то есть выбор определяющего ресурс параметра. В качестве критерия предлагается использовать количественные соотношения между площадями сельскохозяйственных угодий с различным функциональным назначением, показатели степени заболачивания и эрозионные потери.

Характерным типом автоморфных почв подтаежных лесов Восточно-Европейской равнины являются дерново-подзолистые почвы [5].

Типичное строение этих почв следующее: горизонт  $A_0$  — лесная подстилка, состоящая из опада хвойных и лиственных деревьев; горизонт  $A_1$  — гумусовый, (верхней части содержит многочисленные корни трав, цвет серый, сложение рыхлое, структура комковатая, непрочная); горизонт  $A_2$  — подзолистый (обладает характерным светло-серым белесым цветом, для горизонта характерна листовато-пластинчатая структура).

В результате выдержанного промывного режима воды устанавливается процесс выщелачивания верхней части почвенной толщи, что обуславливает образование мощного подзолистого горизонта непосредственно под слоем лесной подстилки. Травянистая растительность, требовательная к повышенному содержанию зольных элементов питания, не находит здесь благоприятных условий для своего развития, начинает формироваться болото [5].

Для установления ресурса почвенного покрова задача сведена к описанию почвенных горизонтов (нижняя граница верхнего гумусового горизонта -  $A_1$ , подзолистый горизонт вымывания -  $A_2$ ). Изменение почвенных разностей оглеение и заболачивание почв схематически представляет вероятность того, что «запас» почвы, зависит от величин мощностей горизонтов  $A_1$  и  $A_2$  в настоящий момент, а не от того, когда и как запас формировался, т. е. будущее зависит от прошлого через настоящее. Такие процессы описываются т. н. Марковскими процессами [3].

Прогноз деградации означает: по известному значению процесса изменения свойств почв  $Y(y_0 \equiv y)$  найти вероятность того, что в некоторый момент времени  $t > t_0$  процесс будет находиться в заданных пределах  $(a, b)$ , при условии выполнения  $Y(Y_0) = Y$ . Реальный процесс деградации почв можно аппроксимировать марковским дискретным процессом. Вероятностную характеристику от времени получить из дифференциальных уравнений А. Н. Колмогорова. Теоретически любой случайный процесс можно свести к марковскому, если элементы «прошлого», от которого зависит «будущее», включаются в «настоящее», усложнив таким образом его описание.

Используем для описания процесса оглеения и заболачивания почв приём из теории марковских процессов — дифференциальное уравнение первого порядка:

$$dh(t) = A(t)dt + B(t)d\eta(t), \quad (1)$$

где  $h(t)$  — определяющий параметр, в данном случае мощность горизонта  $A_2$ ;

$A(t), B(t)$  — детерминированные функции, характеризующие изменения среднего значения скорости и дисперсию определяющего параметра (интенсивность изменения мощности горизонта  $A_2$  и диффузии);

$\eta(t)$  — случайная составляющая гауссовского типа, нормальный белый шум с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

При допущении однородности и постоянства интенсивности изменения почвенного горизонта и среднего квадратичного отклонения, уравнение (1) имеет вид:

$$d(h) = Idt + \sigma d\eta(t), \quad (2)$$

где  $I$  — математическое ожидание интенсивности изменения почвенного горизонта  $A_2$  (средняя интенсивность изменения определяющего параметра, скорость изменения мощности горизонта  $A_2$ );

$\sigma$  — среднее квадратичное отклонение интенсивности процесса.

Уравнение (2) описывает изменения определяющего параметра. Диффузионное распределение времени безотказного функционирования, устанавливается из решения уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова [3]. Уравнением определяется плотность вероятности перехода марковского диффузионного процесса из одного состояния в другое.

Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова:

$$\frac{\partial P}{\partial t} + I \frac{\partial P}{\partial h} - \frac{\sigma^2}{2} \frac{\partial^2 P}{\partial h^2} = 0 \quad (3)$$

Плотность вероятности распределения времени до отказа для  $P(t_0, h_0, t, h)$ :

$$f(t) = - \int_{-\infty}^a \frac{\partial P(t_0, h_0, t, h)}{\partial t} dh, \quad (4)$$

где  $a$  — предельное значение параметра, при достижении которого наступает отказ (предельная мощность горизонта  $A_2$ ),

$t_0, h_0, t, h$  — начальные и текущие значения, определяющих параметров (мощности горизонта  $A_2$ , и времени деградации).

Решением уравнения (3) с использованием условий (4) получено выражение:

$$P(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2pt}} \exp \left[ \frac{-(h - It)^2}{2\sigma^2 t} \right]. \quad (5)$$

Опуская математические выкладки, функция распределения времени первого достижения процессом (1) заданной границы,  $f(t)$  вероятность не превышения процессом значения в течение  $t$ , математическое ожидание и дисперсия времени безотказного функционирования  $M[T]$  и  $D[T]$  соответственно в окончательном виде имеют следующий вид:

$$f(t) = \frac{m + t}{2ma + t\sqrt{2pt}} \exp \left[ \frac{-(t - m)^2}{2m^2 a^2 t} \right] t \geq 0 \quad (6)$$

$$\text{где } m = \frac{a}{I}; \quad \alpha = \frac{s}{\sqrt{aI}};$$

$$P(t) = \Phi\left(\frac{m-t}{\alpha\sqrt{t}}\right) \quad (7)$$

Зная значение вероятности не превышения  $P(t)$  из выражения (5), можно вычислить величину ресурса  $t$ .

Пример:

На территории хозяйства ЗАО «Андрейково» Калининского района, Тверской области сложился почвенный покров типичный для лесолуговой зоны. Основной фон почвенного покрова дерново-подзолистые почвы, которые занимают в настоящее время 2309 га, что составляет 54% от общей площади [1].

Хозяйственная деятельность человека изменила водный режим почв ЗАО «Андрейково», вследствие чего изменились их морфологические свойства. На пашнях нижняя граница верхнего гумусового горизонта в 1967г. была  $A_1 = 21$ см, в 1984г. -  $A_1 = 24$ см [1, 4]. Увеличился подзолистый горизонт вымывания ( $A_2$ ) с 36см в 1967г., до 41см в 1984г. На сенокосах граница верхнего гумусового горизонта ( $A_1$ ) увеличилась за 17 лет с 23 см до 27см.

На землях АОЗТ «Петровское», центральная усадьба которого (с. Петровское) расположена юго-западнее г.Твери в 24 км. Здесь так же сложился почвенный покров типичный для лесолуговой зоны. Дерново-подзолистые почвы занимают в настоящее время 2809 га, что составляет 65% от общей площади сельскохозяйственных угодий. За период с 1971г. по 1984г. изменились морфологические свойства почв. Нижняя граница верхнего гумусового горизонта на пашнях в 1971г.  $A_1 = 21$ см, в 1984г. -  $A_1 = 23$ см. Подзолистый горизонт вымывания ( $A_2$ ) возрос с 35см в 1971г., до 38 см в 1984г. На сенокосах граница верхнего гумусового горизонта ( $A_1$ ) увеличилась за 13 лет с 25 см до 27см.

Таким образом, средняя статистическая величина изменения почвенного горизонта  $A_2$  в хозяйствах ЗАО «Андрейково» и АОЗТ «Петровское», за семь лет составила 40мм, за один год - 5,71 мм/год [1, 2]. Среднее квадратичное отклонение интенсивности процесса  $\sigma = 1,2$  мм/год.

Найти вероятность не превышения процессом значения предельной мощности увеличения горизонта  $A_2 - 100$ мм в течение 10 лет, если реализация процесса является монотонной.

Решение: 
$$\mu = \frac{100}{5,71} = 17,5 \text{ лет}$$

$$\alpha = \sigma / (I \times h)^{1/2} = 1,2 / (7,51 \times 100)^{1/2} = 0,043$$

$$\alpha\mu(t)^{1/2} = 0,043 \times 17,5 \times (10)^{1/2} = 23,79$$

$$P = \Phi((17,5-10)/23,79); \quad P = 0,24$$

Вероятность не достижения заболочивания в данном районе составляет всего 24%, т.е. скорее всего здесь в ближайшее время начнется процесс оглеения.

Деградация почв и снижение биологической продуктивности — самая важная геоэкологическая проблема современности. Растущий спрос на продовольствие может быть удовлетворен двумя путями: расширением пахотных земель и интенсификацией сельского хозяйства. Но в обоих случаях неизбежно усиление геоэкологических проблем из-за ухудшения состояния, земель и повышения роли минеральных удобрений.

### **Литература**

1. Отчет о наличии, состоянии и использования земель в Тверской области по состоянию на 1.01.2000 года. Тверь 2000. 47с.
2. Природа и хозяйство Калининской области. – Калинин: Калининский Государственный педагогический институт, 1960 – 645с.
3. Мирцхулава Ц.Е. Водная эрозия почв. Тбилиси: МЕЦНИЕРЕБА, 2000.421с.
4. Курбатов Н.П. Оценка состояния переувлажненных земель в Тверской области. В сб. Научные технологии в мелиорации. М.: Изд. ВНИИА, 2005.- 123-127с.
5. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. – М.: Высшая школа, 1989. – 320с.

УДК 631.43

## **ДОСТОВЕРНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗОНЫ ОРОШЕНИЯ**

**Е.С. Лепнова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Актуальность и целесообразность совершенствования оценки динамического состояния мелиоративных объектов не вызывают сомнений. С успешным решением этого вопроса можно связать одну из самых сложных и давних проблем орошения - сокращение (а в идеале - исключение) отрицательных последствий длительной эксплуатации оросительных систем. К таковым последствиям относят: подъем уровня грунтовых вод (УГВ) выше “критического” уровня; процессы засоления, заболочивания, подтопления орошаемых земель. В итоге процент вынужденного списания земель может существенно возрасть.

Общие вопросы, которые возникают при рассмотрении такого положения, можно сформулировать следующим образом:

- как не допускать отрицательных последствий, причиной которых, как правило, является сам факт строительства и эксплуатации мелиоративных объектов (МО) – т.е. факт антропогенных воздействий;

- возможно ли в процессе эксплуатации однозначно и своевременно, желательно по единому показателю, разделять объекты (явно влияющие на грунтовые воды) на работоспособные и неработоспособные группы;

- возможен ли ориентировочный прогноз изменения состояния МО к ухудшению, улучшению или сохранению практической стабильности согласно принятой более детальной градации на подгруппы;

- есть ли единый для основных объектов интегральный показатель, по которому можно оценивать их состояние.

Достоверность оценки состояния объектов зоны орошения зависит от достоверности исходной информации. Современные подходы при экспериментальном определении, оценке и интерпретации данных для целей почвоведения освещены в работе Е.В.Шейна /8/. Автор рассмотрел комплекс из шести методических проблем. Первая проблема заключается в сложности целевой обработки исходных данных. В каждом конкретном случае применяются **формально-логические доводы**, анализ и обоснование **«весомых» выводов**. Применяя также и непараметрические методы статистики, почвоведом удается решать поставленные задачи. Однако, общая схема решения проблемы **«добычи данных»** не регламентирована и отнесена /8/ к нерешенным. Вторая проблема – это обоснование соответствия метода целевой задаче исследований (кратко – **«метод-цель»**). Например, рекомендуется определять /8/ показатель фильтрационной способности с помощью методов при **размере зон опробования не менее 1 кв. м** (метод рам). Одновременно отмечено, что ни в одном теоретическом определении фундаментальных физических свойств почв (а их насчитывается не менее семи) **масштаб экспериментального определения** не указан («Толковый словарь по физике почв», 1998). Эта неопределенность в конкретных условиях опыта /4/ может привести и приводит к разнопорядковым значениям расчетных показателей ( $K_{ф,1} = 0,14 \text{ м/сут}$ ;  $K_{ф,2} = 1,45$ ;  $K_{ф,3} = 2,1 \text{ м/сут}$  /4/. Разброс единичных результатов достигает 2-3 порядков (от 0,002 до 2, 5 м/сут). Неопределенность в рекомендуемых разными авторами сроках наступления стабилизации также значительна (0,5..1 сут; 10 сут; 30-40 и до 70 сут /4/). Третья проблема связана с **масштабом зоны** испытания; она возникает при наличии результатов определения разными методами показателя одной и той же характеристики почв. При этом возникает необходимость преодоления этой проблемы /4, 8/. Например, имеется информация, полученная в лабораторных, лабораторно-полевых, полевых и натуральных условиях. Хотелось бы поверить всем, но физически обоснованный переход от одного масштаба (выше, ниже) не найден /4, 8/. Визуально натурные наиболее достоверны. Однако, именно они на стадии исследований и проектных проработок недоступны (объекта нет в реальности). Далее, при их получении значения могут вызвать сомнения, так как, естественно, зависят от новых случайных факторов воздействия и обстоятельств, в том числе от непредусмотренных в остальных условиях и методах определениях

Кф. Строго говоря, наиболее достоверны данные, полученные в известных условиях полевых опытов. И, если по ним получены проверенные в других условиях зависимости /4,5/, то единичные натурные результаты могут позволить оценить состояние натурального объекта. Проблема масштаба зон, хотя и касается практически всех наук о земле, признается нерешенной /8/.

Следующие три нерешенные проблемы также касаются общих для почвоведов и мелиораторов методических вопросов.

Проблема 4. Определение основного источника погрешностей при наборе **экспериментальных динамических рядов данных**. Цель - настройка математических моделей, предназначенных для прогнозирования изменений в состоянии почв и грунтов (то есть пористых сред) по исследуемым свойствам и их показателям.

Проблема 5. Обоснование параметров аппроксимации и оценки зависимостей физических свойств почв. Отмечено /8/, что надежными параметрами можно признать лишь те, которые получены **при достаточно больших выборках (более 30-40)**. Вероятнее всего, для методических целей ирригации необходимо использовать уникальные опыты при размерах в 100...300...1000 раз больше, чем нормативные /3/ и нескольких сезонах наблюдений.

Проблема 6. Проблема заключается в сложности достоверной характеристики пространственно-временного варьирования результатов определения. На наш взгляд прежде всего, единичных, затем - средних, осредненных и, наконец, расчетных зависимостей. Сложность предмета исследования и оценки варьирования не всегда позволяет обосновано использовать общепринятые статистические методы обработки данных /8/.

Большинство из шести указанных проблем встретились на пути исследователей ВНИИГиМ (Голодно-степский полигон, с-з №7; И.П.Мочалов, 1960, 1966; В.Е.Райнин, 1964, 1965; Г.Н.Виноградова, 1967; А.Е.Михалева, 1972; Е.А.Макарычева, 1970-2007; Е.С.Лепнова, 1968, 1979, 2002, 2006; и др.; Колхозабадский полигон в Таджикистане, Н.П.Одинцова, 1970 и др.). Часть из них решалась на интуитивном (формально-логическом) уровне, часть – по известным показателям варьирования, использованным для оценки пространственной неоднородности зон под объектами и их временной изменчивости. Но сопоставимость результатов при определении показателя фильтрационной способности и их воспроизводимость в повторных опытах остались недостаточно освещенными.

Достоверная оценка необходима, прежде всего, для наиболее опасных объектов (каналов, площадей пол промывкой, орошаемых территорий). Схематически показатель состояния объекта определяется проявлением /4-6/ трех комплексов факторов: пространственной неоднородностью зоны под объектом, временной ее изменчивостью под влиянием природных и антропогенных воздействий и, в-третьих, **методической возможностью** адекватно их оценивать.



Наиболее важна возникшая возможность целенаправленного учета влияния каждого из комплекса нерешенных методических проблем.

Изначально признав изменчивость состояния почв и грунтовой толщи под МО (проблема 4), необходимо на стадии эксперимента набирать ряды данных, характеризующих изменчивость зоны опробования и в пространстве, и во времени.

Сравнительный анализ материалов комплексных исследований ВНИИГиМ позволил прийти к заключению. Для целей мелиорации искомый в опытах расчетный показатель фильтрационной способности почв, грунтов и пород наиболее достоверно характеризуется рядами значений удельных потерь на фильтрацию – скоростью сработки уровня воды (мм/ч, м/сут). Необходимо, прежде всего, оценивать динамику единичных, средних за пятидневку, далее - осредненных по данным параллельных опытов ( $V_i = f(t_i)$  за контролируемый период ( $\Delta t$ ; периоды  $\sum \Delta t$ , за принятый расчетный период  $t_0 < t_i < t_k$ ) и в назначенных условиях (размеры испытываемых зон, их взаимное расположение, глубины воды над испытываемой зоной, повторность параллельных опытов и известного числа сезонов (от 1 до 4) и других факторов, которые будут признаны важными и требующими учета.

Для практического использования полученных результатов состояние оросительных каналов можно разделять по двум-трем уровням (группам) и на шесть качественно разных подгрупп /5, 6/:

I. Работоспособные, в том числе экологически безопасные или «отличные», полностью отвечающие проекту – «хорошие»; и отчасти отвечающие проекту – «удовлетворительные» ( $V_1$  от 0 до 10 мм/сут;  $V_2$  - от 10 до 50 мм/ч,  $V_4$  – от 50...100 мм/сут, при обосновании расчетом -300);

II. Неработоспособные могут находиться на разном уровне отказа и также в качественно разном состоянии: «неудовлетворительное», «критическое» и «катастрофическое». Их можно охарактеризовать, исходя из формально-логических представлений и доводов /5, 6, 8/:  $V_4 = 0,1...0,3$  м/сут;  $V_5 = 0,3...1$  м/сут и  $V_6 = 1$  и более м/сут.

Опытным путем в течение 3...4 сезонов наблюдений на двух отсеках каналов зафиксирован в среднем ежедневный прирост  $V$ . Он составил всего 3 л/сут/м<sup>2</sup>. При начальной величине порядка 300...400 мм/сут это может казаться незначительным приростом (меньше 1%). Однако при сохранении тенденции к росту практически неизменной в течение суммарной работы канала порядка 300 сут конечная величина составила около 1,2 м/сут. При воздействии слоем воды  $h = 1,1...1,4$  м ложе грунтовых каналов постепенно перешло из состояния близкого к просто неудовлетворительному в катастрофическое.

По исходным данным САНИИРИ (на 27 участках действующих каналов, объединенных в 4 группы, проведены уникальные наблюдения). Аналогичная нашим опытам тенденция к росту потерь подтверждалась и после 6-7 лет экс-

плуатации. Дальнейший рост потерь автором (Р.М.Горбачев, 1968, 1971) не предполагался. Но так как проанализированный нами переход состояния разных типов облицовок указал на недопустимый уровень, то оценка дальнейших изменений в состоянии действующих каналов, на наш взгляд, становится ненужной. И лишь каналы, проложенные в насыпи, оказались в относительно приемлемом состоянии (близком к удовлетворительному). Без проведения такого сравнительного анализа обоснования для своевременного принятия действенных мер ожидать нереально.

Аналогичные переходы в состоянии орошаемых почв в сторону, условно говоря, такыра, можно заметить путем анализа динамики скорости сработки уровня в условиях промывок /4/ и на орошаемых площадях (Т.А.Трунова, 1981). Необходимо признать классификацию почв на категории /4,5/. Тенденция к снижению скорости сработки уровня воды показана в течение 2 сезонов (от 350 до 50 мм/сут). Это отражает семикратное снижение, хотя абсолютная величина за сутки составляла всего 1,5-2 мм и без скрупулезной оценки не могла быть принята всерьез. Это одна из причин сохранения представления, что закон Дарси может применяться для мелиоративных целей /3/. И это, несмотря на рекомендации /1/ и потребности определения значений  $K_{\phi}$  с точностью не ниже 5-7% /2/.

Для обеспечения безопасности водохозяйственного воздействия на орошаемых территориях необходим контроль за величиной и динамикой скорости сработки уровня воды под основными и, прежде всего, под наиболее опасными мелиоративными объектами. Учет предлагаемого общего динамичного подхода, рядов выбранного показателя и классификации мелиоративных объектов, как показал анализ, мог бы стать полезным и целесообразным для снижения риска подъема уровня грунтовых вод.

### **Литература**

1. Костяков А.Н. О динамике коэффициента просачивания воды в почво-грунты и необходимости динамичного подхода к его изучению в мелиоративных целях // Почвоведение, №3, 1932.
2. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М., 1978.
3. Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости: ГОСТ 23278.78, М., 1986.
4. Лепнова Е.С. Исследование изменений водопроницаемости лессовидных слоистых грунтов в процессе периодического их промачивания на мелиоративных системах. Дисс. канд. техн. наук.- М., ВНИИГиМ, 1979.
5. Лепнова Е.С. Способ оценки состояния мелиоративных объектов в условиях орошения // Мелиорация и водное хозяйство, № 6, 2002.
6. Лепнова Е.С. К вопросу о мониторинге в зоне орошения. Мелиорация: этапы и перспективы развития. Материалы международной научно-производственной конференции. – М., 2006.
7. Трунова Т.А. Принципы и методы районирования оросительных норм хлопчатника. Дис. канд. техн. наук. М., 1981.

8. Шейн Е.В. Современные тенденции и проблемы экспериментального определения, оценки и интерпретации данных. Конференция Экспериментальная информация в почвоведении: Теория и пути стандартизации". Факультет почвоведения МГУ 20-22 декабря 2005 г.

УДК 631.671

## **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАТИВНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ**

**Ю.С. Лялин**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Анализ состояния и перспектив устойчивого развития оросительных мелиораций в нашей стране на основе соответствующих документов ООН показывает, что важной задачей такого развития является совершенствование мелиоративно-природного обоснования мелиоративной деятельности /1/. Одним из видов такого обоснования является мелиоративно-гидрогеологическое обоснование, которое должно проводиться с возрастающей степенью детальности на всех стадиях создания, эксплуатации и реконструкции или ликвидации оросительных систем.

Научно-методические основы мелиоративно-гидрогеологического обоснования разрабатываются мелиоративной гидрогеологией. Она сложилась в СССР и продолжает развиваться в современной России как прикладное направление гидрогеологической науки. Основными разделами мелиоративной гидрогеологии являются мелиоративная гидрогеодинамика, мелиоративная гидрогеохимия и региональная мелиоративная гидрогеология. В ходе проведения в СССР широкомасштабных работ по орошению был накоплен большой фактический материал по особенностям мелиоративно-гидрогеологических процессов в различных природно-хозяйственных условиях. Обобщение и теоретическое осмысление этих данных позволило установить основные закономерности гидрогеодинамических и гидрогеохимических процессов на орошаемых территориях, их региональные особенности, разработать модели для описания выявленных закономерностей и выполнения прогнозных и специальных расчетов, а также методы определения необходимых параметров и показателей. Были выработаны общие подходы к проведению мелиоративно-гидрогеологических работ и нормативно-методические документы для проведения изысканий при проектировании гидромелиоративных систем и для контроля гидрогеолого-мелиоративного состояния на действующих системах. В области мелиоративной гидрогеологии сформировалось несколько научных школ. Одна из них была создана во ВНИИГиМ под руководством проф., д.г.-м.н. Давида Моисеевича Каца /2/. Его ученики и последователи, включая автора, продолжают занимать-

ся решением актуальных задач мелиоративной гидрогеологии, в том числе и ориентируясь на подходы устойчивого развития /3/.

В настоящее время в России введена в действие новая система нормативных документов в строительстве, которая относит к изысканиям работы, которые проводятся на всех стадиях мелиоративной деятельности. Ранее к изысканиям относились только работы на стадиях планирования и проектирования.

Мелиоративно-гидрогеологические изыскания на орошаемых территориях проводятся в составе комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий, включающих также изучение геолого-геоморфологического строения территории и ее инженерно-геологических условий. В качестве самостоятельных видов изысканий в последнее время выделены поиски и разведка подземных вод, поиски и разведка строительных материалов, экологические изыскания.

Целью мелиоративно-гидрогеологических изысканий является изучение особенностей гидрогеологических процессов на орошаемых и прилегающих землях (орошаемых территориях) и оценка их влияния на особенности, экономическую эффективность и экологическую безопасность рассматриваемых мелиоративных объектов.

Анализ проблем обеспечения устойчивого развития оросительных мелиораций, как составной части устойчивого развития АПК, его водохозяйственного подкомплекса и всей страны, существующего мирового и отечественного опыта и текущего состояния природного обоснования оросительных мелиораций, в целом, и мелиоративно-гидрогеологического обоснования, в частности, позволяет сформулировать актуальные задачи совершенствования научно-методических основ мелиоративно-гидрогеологических изысканий в современных условиях.

1. Первоочередной задачей является необходимость совершенствования общих подходов (методологии) проведения рассматриваемых изысканий в новых социально-экономических условиях, складывающихся в России. Наиболее существенные необходимые изменения вытекают из требований новых подходов к оценке экономической эффективности инвестиционных проектов на основе новых эколого-экономических подходов /4/. Их новым принципиальным моментом является необходимость учета неопределенностей и рисков (экономических, политических, экологических и т.д.) при оценке эффективности мелиоративной деятельности. При разработке указанной методологии необходим также учет требований новых законодательных и нормативных документов по проведению изысканий, организации рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, достижений научно-технического прогресса.

2. Мелиоративно-гидрогеологические данные используются при технико-экономических расчетах оросительной и дренажной сети, определении воз-

возможности, масштабов и темпов развития процессов подтопления на орошаемых территориях, оценке возможного ухудшения качества подземных вод и поверхностного стока в местах их разгрузки, определении особенностей развития инженерно-геологических процессов на орошаемых территориях, решении проблемы утилизации дренажного стока. Для анализа и учета возможного влияния качества мелиоративно-гидрогеологических данных на неопределенности и риски технических и экономических решений требуется количественная оценка возможных ошибок при определении соответствующих расчетных показателей. По данным этой оценки может быть выполнен факторно-диапазонный или вероятностный анализ их влияния на неопределенности и риски экономической эффективности мелиоративных проектов /8/.

Те или иные ошибки (неопределенности) всегда присутствуют при изучении и прогнозировании мелиоративно-гидрогеологических условий орошаемых территорий. Характер и величина таких ошибок определяются: полнотой и качеством материалов о геолого-геоморфологическом строении территории и ее общих гидрогеологических условиях; степенью адекватности математических, балансовых и других моделей, используемых для описания гидрогеодинамических и гидрогеохимических процессов и выполнения соответствующих расчетов; правильностью обоснования нижней границы возможного существенного взаимодействия оросительных мелиораций с подземными водами; точностью и представительностью основных и вспомогательных методов определения параметров и показателей, используемых в указанных моделях; изменчивостью отдельных показателей в пространстве и во времени, степенью их изученности на конкретном объекте принятыми методами интерпретации исходных данных при составлении карт; особенностями схематизации мелиоративно-гидрогеологических условий при выполнении прогнозных и специальных расчетов; применяемыми методами выполнения прогнозных и специальных расчетов и интерпретации полученных данных.

Существующие подходы к выбору состава и объемов изыскательских работ на разных стадиях мелиоративной деятельности должны корректироваться теперь с учетом допустимой степени влияния возможных ошибок на оценку общей экономической эффективности рассматриваемого проекта и его экологическую безопасность.

3. Для количественной оценки указанных ошибок необходимо проведение специальных НИР. В области мелиоративной гидрогеодинамики наиболее неопределенности возможны в настоящее время при определении величины инфильтрационного питания грунтовых вод на орошаемых участках, изучении фильтрационных свойств связных пород зоны аэрации, количественной оценке качества гидрогеодинамических прогнозов.

В сфере мелиоративной гидрогеохимии существенные неопределенности возможны при прогнозировании минерализации и химсостава подземных вод

на орошаемых и прилегающих землях, характеризующихся развитием первично засоленных горных пород в зоне аэрации, а также при оценке минерализации и химсостава дренажного стока. Это определяется отсутствием надежно апробированных моделей солепереноса и солеобмена в таких породах при полном и неполном насыщении, а также недостаточной информативностью метода стандартных водных вытяжек, который используется обычно для характеристики засоления пород.

Наиболее обоснованные данные о величине инфильтрационного питания представляется возможным получить экспериментальным путем на действующих оросительных системах или специальных опытных участках с последующим использованием метода аналогов. Для использования этого метода необходимо проведение мелкомасштабного мелиоративно-гидрогеологического районирования по отдельным регионам и всей орошаемой зоне страны на качественной геолого-геоморфологической основе.

Такое районирование необходимо также для оценки адекватности моделей, используемых для гидрогеодинамических и гидрогеохимических расчетов в разных природно-хозяйственных условиях, точности и представительности различных методов изучения мелиоративно-гидрогеологических параметров и показателей, изменчивости этих параметров и показателей. Для проведения указанных оценок необходимо создание специальных гидрогеологических полигонов в пределах основных орошаемых регионов, а также региональных и федерального банков данных по результатам соответствующих исследований. Первым этапом выполнения указанной работы должно стать обобщение, систематизация и целенаправленный анализ имеющихся материалов наблюдений и экспериментальных исследований на основе вышеуказанного районирования, а также изучение соответствующего зарубежного опыта и опыта проведения работ в других отраслях отечественной гидрогеологии. Затем с учетом современных требований должны быть проведены дополнительные работы по вопросам унификации основных моделей и методов оценки необходимых параметров и выполнены дополнительные исследования на полигонах. Такие полигоны целесообразно совмещать с опытными участками по оценке величины инфильтрационного питания грунтовых вод.

4. Указанное мелкомасштабное районирование орошаемых территорий в масштабе 1:500000 – 1:2500000 для отдельных регионов (субъектов РФ), речных бассейнов, охватывающих несколько регионов, и всей страны необходимо также для обоснования долгосрочной стратегии устойчивого развития оросительных мелиораций /1/. При этом в первую очередь необходимо совершенствование методики мелкомасштабного районирования в увязке с подходами средне- и крупномасштабного районирования, которые должны выполняться при проектировании оросительных систем и их мониторинге в процессе эксплуатации.

Проведение мелиоративно-гидрогеологического районирования всех масштабов должно заканчиваться оценкой рассматриваемых территорий по характеру и степени влияния мелиоративно-гидрогеологических условий на особенности, экономическую эффективность и экологическую безопасность рассматриваемого объекта. Такая оценка должна основываться на показателях, которые определяют благоприятный режим и баланс подземных вод на орошаемых территориях.

Обобщающим показателем при такой типизации является естественная дренированность территории. Она определяется соотношением суммарного питания подземных вод за счет ирригационных потерь на орошаемых участках и фильтрационных потерь из каналов, а также за счет естественных факторов (атмосферные осадки, напорное питание), и величиной их естественного оттока. В качестве основных типов по этому показателю нужно рассматривать:

А. Исходно дренированные территории, где естественный отток превышает суммарное питание и процессы подтопления орошаемых и прилегающих земель будут отсутствовать на всех этапах существующей и/или планируемой мелиоративной деятельности. Под подтоплением понимается подъем уровня грунтовых вод (УГВ) выше отметок, которые определяют возможность таких неблагоприятных процессов, как вторичное заболачивание, засоление или осолонцевание почв на орошаемых и прилегающих землях, ухудшение условий произрастания растений, отрицательное влияние на несущие свойства грунтов и т.п.

В качестве основных подтипов могут быть выделены:

А.1. Территории, где отсутствуют процессы подтопления и не ожидается отрицательное влияние орошения на качество подземного и поверхностного стока и ухудшение инженерно-геологических условий.

А.2, А.3, А.4. Территории, где при отсутствии процессов подтопления могут соответственно наблюдаться ухудшение качества подземного стока и/или инженерно-геологических условий.

Б. Исходно дренированные орошаемые и прилегающие земли, где в те или иные сроки, определяемые по данным гидрогеодинамического прогноза, возможно развитие процессов подтопления. Для предотвращения этих процессов требуется или изменение условий питания и разгрузки подземных вод, или проведение специальных мероприятий, таких как строительство дренажа, увеличение КПД оросительной сети и т.п.

В качестве основных подтипов здесь могут выделяться площади по срокам подтопления 5, 10, 15 и более лет. Они могут быть подразделены на участки, где будет или не будет отмечаться влияние орошения на качество подземного стока и ухудшение инженерно-геологических условий.

В. Исходно подтопленные земли, где УГВ превышает допустимые (критические) глубины залегания и необходимы специальные мероприятия для создания благоприятного режима и баланса грунтовых вод.

Здесь в первую очередь необходимо выделение искусственно дренированных и не дренированных площадей.

Искусственно дренированные и не дренированные сельскохозяйственные земли могут далее подразделяться в соответствии с принятыми в кадастре мелиоративного состояния категориями, степенью засоления почв, существующей или прогнозируемой минерализацией дренажного стока и т.д. Выделение соответствующих подтипов второго и более низких порядков будет определяться особенностями природно-хозяйственных условий объекта и детальностью проводимых работ.

5. Для проведения вышеуказанной типизации орошаемых территорий по особенностям их влияния на экономическую эффективность и экологическую безопасность мелиоративных объектов необходимо составление до 20 исходных карт соответствующего масштаба. Методика составления ряда карт требует улучшения. Важным моментом такого картографирования является необходимость перехода на ГИС-технологии и использования аэрокосмической информации.

6. Особое внимание в настоящее время должно быть уделено повышению качества мелиоративно-гидрогеологических изысканий при проведении мониторинга существующих оросительных систем. Скорейшее восстановление и дальнейшее совершенствование этих систем рассматриваются как первоочередная задача устойчивого развития оросительных мелиораций. Для этого, в частности, должны создаваться паспорта оросительных систем, которые включали бы соответствующий мелиоративно-природный отдел. Он должен содержать детальную характеристику существующих природных условий объекта, включая мелиоративно-гидрогеологические условия, и прогноз их возможных изменений.

7. Существующая нормативно-методическая база мелиоративно-гидрогеологического обоснования оросительных мелиораций должна быть приведена в соответствие с требованиями новой системы нормативной документации в строительстве и усовершенствована с учетом вышеуказанной методологии и достижений научно-технического прогресса.

### **Литература**

1. Лялин Ю.С. Оценка состояния и перспектив оросительных мелиораций в России на основе подходов устойчивого развития // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Юбилейная Международная научно-практическая конференция (Костяковские чтения) 10-11 апреля 2007 г. М.: ВНИИГиМ, 2007

2. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. М.: МГУ, 1992.



3. Шумаков Б.Б., Решеткина Н.М., Парфенова Н.И., Манукьян Д.А., Лялин Ю.С., Исаева С.Д. Основные задачи природного обоснования устойчивого развития оросительных мелиораций // Сб. Проблемы гидрогеологии, инженер. геологии и почвоведения. М.: ВНИИГиМ, 1996. С.21-30.

4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). М.: “Экономика”, 2000. 421 с.

УДК 504.4;627

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА РЕКИ ОКИ**

**Ю.А. Мажайский, Т.М. Гусева, О.Е. Дорохина, С.В. Андриянец**  
Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

Многолетние наблюдения за состоянием крупных рек России свидетельствуют о сохраняющейся тенденции ухудшения гидрохимических характеристик и качества воды в результате длительного и продолжительного антропогенного воздействия. Одними из приоритетных загрязняющих веществ гидросферы являются тяжелые металлы (ТМ), источники которых - сточные воды и сток с поверхности почвы [1].

Река Ока – наиболее крупный приток р. Волги и главный водоток Рязанской области. Бассейн р. Оки включает 895 малых и средних рек, общей протяженностью 105255 км [2]. Вода реки Оки оценивается как «загрязненная». Существующая сеть наблюдений за гидрохимическими характеристиками Окских вод не в состоянии оценить реальную экологическую ситуацию, складывающуюся в бассейне реки Оки, так как не охвачены мониторингом малые реки, которые во многом определяют качество воды.

Основная часть малых и средних рек региона протекает в районах сельскохозяйственного использования земель, являясь компонентом преобразованных ландшафтов, и испытывающих значительную антропогенную нагрузку, так как именно эти водные объекты принимают стоки с сельскохозяйственных земель, которые приносят в водные объекты значительное количество биогенных веществ и тяжелых металлов. Однако загрязнение водных источников Окского бассейна ТМ в результате эксплуатации агроландшафтов на территории Рязанской области не достаточно изучено и является актуальной проблемой.

С целью выявления степени загрязнения ТМ поверхностных вод малых рек Окского бассейна проводится многолетний мониторинг на экологическом полигоне – природной модели, созданной для проведения комплексных исследований, оценки степени воздействия антропогенных нагрузок на состояние экосистем и получения информации, необходимой для решения проблем рационального природопользования как на локальном, так и на региональном уровнях [3]. Экологический полигон имеет площадь 3000 га и представляет со-

бой ландшафт лесостепной зоны типичный для Мещерской низменности. Структурно он представлен следующими элементами: пашня, пастбище, орошаемые и осушаемые земли, дачные участки, лес, акватория. На территории исследуемого ландшафта находится малая река, непосредственно связанная с водной системой реки Оки, которая и явилась объектом исследований.

Программа наблюдений включает оценку экологического состояния поверхностных и грунтовых вод, гидробиологические исследования. Отбор проб воды проводится по стандартным методикам. Определение валового содержания ТМ в воде и растительности проводится методом атомно-абсорбционной спектрометрии. В рамках мониторинга был осуществлен также гидробиологический и микробиологический анализ поверхностных вод модельного ландшафта [4].

Исследуемый водоем в течение длительного времени испытывает антропогенную нагрузку в результате функционирования на опытном ландшафте системы орошения, искусственного дренажа, наличия дачных участков, земель частного использования. Водный объект является коллектором, принимающим с ландшафта как поверхностный, так и внутрипочвенный сток. Следовательно, можно предположить, что все это отразится на гидрохимической характеристике водоема.

На протяжении ряда лет в рамках проводимого мониторинга содержания ТМ в воде опытного водоема ежемесячно отбирались пробы воды в 3 створах: 1 – исток (гидрометрический пост 1), 2 - дренажный сток (гидрометрический пост 2), 3 - место впадения в водную систему реки Оки (гидрометрический пост 3). Содержание тяжелых металлов в водном объекте представлено в таблице 1.

Таблица 1- Содержание тяжелых металлов в воде малой реки,  $10^{-3}$  мг/л (по данным многолетних наблюдений)

Створы наблюдений	Cu	Zn	Pb	Cd
Исток (ГП 1)	1,0 - 10,0	1,1 - 218,0	0,8 - 36,7	0,1 - 6,5
	3,2	11,8	8,7	1,6
Дренажный сток	0,6 - 61,0	0,3 - 221,0	2,0 - 33,3	0,2 - 7,2
	3,4	14,6	9,3	1,7
Место впадения в водную систему р. Оки	0,5 - 13,2	0,9 - 72,3	2,7 - 23,3	0,5 - 6,5
	3,7	23,1	9,6	2,0
ПДК <sub>р/х</sub> , $10^{-3}$ мг/л	1	10	100	5
ПДК <sub>с/б</sub> , $10^{-3}$ мг/л	1000	1000	30	1
ПДК <sub>в оросит. воде</sub> , $10^{-3}$ мг/л (по Бездниной С.Я.)	200	1000	30	10

\*Примечание: в числителе - пределы колебаний, в знаменателе - средние концентрации

Можно отметить, что концентрация Pb находится в пределах предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (ПДК<sub>р/х</sub>), а содержание Cd, Cu и Zn в ряде случаев превышает этот показатель. Содержание Cu и Zn, находится в пределах предельно допустимых концентраций для водоемов санитарно-бытового назначения (ПДК<sub>с/б</sub>), но наблюдается превышение данного норматива по Cd и Pb. Концентрация Pb в основном в осенне-зимний период больше ПДК для оросительной воды.

Следовательно, сложившаяся ситуация на водоеме, принимающем только стоки с земель сельскохозяйственного использования, представляет потенциальную экологическую опасность для Окского бассейна, о чем свидетельствует содержание ТМ в воде на замыкающем створе, то есть наблюдается эффект суммирования содержания загрязняющих веществ загрязнителей на замыкающем створе и неспособность водоема к процессам самоочищения.

Анализ информации, полученной в ходе мониторинга, позволил установить, что максимум содержания Cd в воде отмечается в зимний период, минимум - летний. Наименьшее содержание Zn - февраль-март, максимальная концентрация - январь, май-июнь, ноябрь. В динамике содержания Cu и Pb отмечалась следующая зависимость: наименьшие их концентрации - февраль-март, рост содержания до мая, затем постепенное снижение концентрации в летний период и увеличение содержания элементов в осенне-зимний период с максимумом - в декабре.

Сезонное изменение концентрации ТМ в воде объясняется влиянием атмосферных осадков, постепенной седиментацией водных взвесей, адсорбирующих ТМ, а также аккумуляцией ТМ водной биотой, которая, отмирая осенью, обогащает воду ТМ.

На территории экополигона пробурены скважины для определения уровня и качества грунтовых вод. Скважины расположены в наиболее типичных местах ландшафта, перпендикулярно водному объекту. Отбор проб воды проводился по 4 скважинам: 7, 8, 13, 14 - наиболее приближенным к водному объекту (расстояние от 7 скважины до малой реки – 140 м, от 8 скважины – 400 м, от 13 скважины – 110м, от 14 скважины – 500м) и перехватывающим подземный приток с территории ландшафта. Результаты определения концентраций ТМ в грунтовых водах представлены в таблице 2.

Полученные данные показывают, что в содержании ТМ в грунтовых водах, так же, как и в воде водоема, наблюдается определенная зависимость. Для Cu, Pb, Cd - увеличение концентрации в грунтовой воде с апреля по июль, для Zn - с марта по апрель. Затем концентрация ТМ в грунтовых водах постепенно снижается и достигает минимума в августе. С августа наблюдается постепенное увеличение концентраций ТМ во всех скважинах и достигает своего максимального значения - в декабре, затем - постепенное снижение до марта-апреля.

Такое распределение концентраций ТМ в грунтовых водах зависит как от природных, так и от антропогенных факторов.

Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в грунтовых водах,  $10^{-3}$  мг/л\*  
(по данным многолетних наблюдений)

№ скважины	Cu	Zn	Pb	Cd
7	1,0 - 5,2	0,9 - 20,0	2,0 - 22,0	1,0 - 4,5
	3,7	5,8	10,3	2,2
8	0,8 - 20,0	1,3 - 58,0	1,5 - 32,0	0,4 - 5,5
	4,7	24,9	10,4	2,2
13	1,1 - 14,8	0,9 - 516,7	2,5 - 40,7	0,8 - 4,6
	3,5	58,6	10,8	2,6
14	0,7 - 5,6	0,7 - 46,0	2,1 - 20,0	0,5 - 2,0
	3,3	19,6	7,7	1,2

Примечание: в числителе - пределы колебаний, в знаменателе - среднее значение концентраций

Повышение концентрации ТМ в весенний период можно объяснить таянием снежного покрова, в котором происходит значительное накопление ТМ [5]. Проникая в почву, снеговые осадки приносят значительное количество ТМ в грунтовые воды. В летний период источником ТМ в грунтовых водах могут явиться также и дождевые осадки, однако содержание поступления ТМ в этот период наименьшее, по-видимому, в этот период активно развиваются растения, потребляющие почвенную влагу, а, следовательно, и находящиеся в ней ТМ. В осенне-зимний период идет постепенное нарастание концентрации ТМ в грунтовых водах, именно в это время в почве происходит разложение растительных остатков, которые содержат определенное количество ТМ.

Исследования по изучению гидрогеологического режима опытного ландшафта, проводившиеся ранее, показали, что поверхностный сток отсутствует, скважина № 7 характеризует приток грунтовых вод, который попадает непосредственно в водоем с орошаемых земель, пастбища и пашни, скважина № 8 - с осушаемых земель, скважина № 13 - с дачных участков, скважина № 14 - с лесного массива. Таким образом, скважины характеризуют различные источники притока воды с исследуемого ландшафта.

Проведенные нами наблюдения позволили сделать следующие выводы: наименьшее содержание ТМ характерно для грунтовых вод, поступающих от лесного массива, наибольшее - для грунтовых вод, формирующихся в районе дачных участков, пашни, пастбища, орошаемых земель. Причем для грунтовых вод, поступающих с дачных участков, характерно доминирование Zn, Pb, что

является доказательством наибольшей антропогенной нагрузки именно на этот элемент ландшафта.

Проведенные исследования грунтовых вод, позволяют сделать вывод, что территории сельскохозяйственного использования являются одним из источников поступления ТМ в водные потоки, причем доминирующими в этом процессе являются земли частного использования, во внутрипочвенных стоках которых содержится наибольшее количество ТМ.

Одним из показателей антропогенной нагрузки на водные экосистемы является качественный состав гидробионтов, претерпевающий существенные изменения под влиянием загрязняющих веществ. Видовой состав гидробионтов можно рассматривать как индикатор экологического состояния водных объектов, так как поступление загрязняющих веществ в водоем, в том числе и ТМ, вызывает диспропорцию в развитии отдельных видов гидробионтов, что приводит к нарушению взаимоотношений в экосистеме, вследствие чего происходит замена одних видов другими, более приспособленными к сложившимся условиям.

С целью определения видового разнообразия биоты исследуемого водоема, был проведен гидробиологический анализ (табл. 3).

Таблица 3 - Приоритетные виды гидробионтов в исследуемом водоеме

Представители гидробионтов	Основные виды
<b>Водоросли:</b> Диатомовые (Bacillariophyta) Сине-зеленые (Cyanophyta) Зеленые (Chlorophyta)	Synedra, Navicula, Melosira Anabena Scenedesmus
<b>Простейшие:</b> Жгутиковые (Flagellata) Инфузории (Ciliata)	Euglena, Bodo, Monas Paramecium, Lionotus, Oxytricha, Vorticella (conica), Didinium, Epistylis (bimarginata)
<b>Многоклеточные беспозвоночные:</b> Веслоногие раки (Copepoda) Личинки хирономид (Chironomus)	Cyclops Chironomus plumosus
<b>Высшие водные растения:</b> Погруженные Плавающие Воздушно-водные	Elodea canadensis Lemna Phragmites australis
<b>Моллюски:</b> Брюхоногие (Gastropoda)	Limnaea auricularia

Сравнение табличных данных со списком организмов-индикаторов сапробности показало, что большая часть обнаруженных в водном объекте гидробионтов принадлежит к  $\beta$ -мезосапробам, что соответствует 2 классу чистоты вод, но в то же время в изучаемом водном объекте присутствуют и полисапробы (жгутиковые, личинки хирономид), что указывает на существующее загрязнение воды. Присутствие в воде жгутиковых и инфузорий указывает на ухудшение условий обитания. Таким образом, обеднение видового состава гидробионтов исследуемого водоема является адекватным показателем его загрязнения.

В воде природных водоемов и водотоков содержится большое количество микроорганизмов, способствующих самоочищению водных экосистем. Исследование влияния ТМ на автохтонные бактерии воды является актуальным. В рамках мониторинга, проводимого на территории экологического полигона, был разработан и проведен микробиологический эксперимента с водой, имеющей различный диапазон загрязнения.

Для охвата диапазона загрязнения воды были разработаны 3 варианта опыта (табл. 4).

Таблица 4 - Схема микробиологического эксперимента

Металл	Варианты опыта (содержание ТМ в воде, мг/л)			
	Контроль (исходная вода)	1 (3 ПДК)*	2 (6 ПДК)	3 (9 ПДК)
Cu	0,0019	0,0011	0,0041	0,0071
Zn	0,004	0,026	0,056	0,086
Pb	0,0064	0,2936	0,5936	0,8936
Cd	0,002	0,013	0,028	0,043

\*ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Вода, отобранная из водного объекта, расположенного на территории экополигона, исследовалась на общее микробное число. Исследования проводились по стандартной методике. Результаты эксперимента приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Результаты исследования воды на общее микробное число

Варианты опыта	Концентрация ТМ в воде, мг/л	Количество колоний			
		1	2	3	Среднее количество
1	Контроль	280	303	338	307 ± 1,11
2	3 ПДК	28	29	29	29 ± 0,02
3	6 ПДК	20	19	27	22 ± 0,15
4	9 ПДК	14	18	16	6 ± 0,12

Количество колоний, выросших на чашках Петри, равняется числу микробов, содержащихся в 1 мл исследуемой воды (т.к. одна бактерия образует одну колонию). Как видно из таблицы во всех трех повторностях наблюдается резкое уменьшение количества колоний, выросших на чашках, при увеличении концентрации вносимых металлов. Причем, начиная с концентрации 3 ПДК, общее микробное число снижается на порядок, что свидетельствует о гибели различных видов микроорганизмов, наиболее чувствительных к данным концентрациям. Проведенный анализ экспериментальных данных показал, что между степенью загрязнения воды водного объекта и количеством бактерий существует обратная зависимость, о чем наглядно свидетельствует значение коэффициента корреляции ( $r = - 0,8$ ).

Результаты исследований представлены на диаграмме (рис 1).



Рисунок 1 - Зависимость численности микроорганизмов в 1 мл исследуемой воды от концентрации тяжелых металлов

Тяжелые металлы, находясь в воде в концентрациях, начиная с 3 ПДК, вызывают гибель большинства микроорганизмов, что может негативно отразиться на самоочищающей способности водоема.

Проведенные комплексные исследования важнейшего компонента ландшафта Окского бассейна – малой реки, свидетельствуют о значительной антропогенной нагрузке на водную экосистему, обусловленной сельскохозяйственной деятельностью, о чем свидетельствует повышенное содержание ТМ в поверхностных и грунтовых водах и гидробиологические показатели. Таким образом, на ландшафтах Окского бассейна, где находится значительное количество

подобных водоемов и агроландшафтов, являющихся источниками загрязняющих веществ, складывается потенциально опасная экологическая ситуация.

### **Литература**

- 1.Безднина С.Я. Экосистемное водопользование: концепция, принципы, технологии. – М.: Изд-во «Рома». 1997. – 137 с.
- 2.Государственный доклад о состоянии окружающей среды Рязанской области в 2003 году. – Рязань, 2004. – 210 с.
- 3.Евсенкин К.Н., Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Комплекс экологических исследований на экополигоне в бассейне р. Оки // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: Всерос. Науч.-практ. Конф. – Рязань, 1998. – с. 94-95.
- 4.Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992.
- 5.Штыков В.И., Даишев Ш.Т. Методические основы защиты природных вод от загрязнения при эксплуатации транспортных магистралей // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: Сб. трудов Междун. Конгр. Т.2. – С-Пб., 2000. – с. 154-156.

УДК 631.6

## **О ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ВОДЫ ИЗ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ**

**Е.А. Макарычева**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Проблема снижения потерь воды на орошаемых массивах является одной из основных, поскольку потери, достигающие в настоящее время 50% водозабора, приводят к снижению плодородия почв а также к переувлажнению, подтоплению и засолению окружающих территорий. Основная часть потерь обусловлена фильтрацией из каналов, точность расчета которой прямо зависит от точности определения водопроницаемости пород зоны аэрации.

Реальные значения КПД каналов обычно существенно меньше проектных, что объясняется не только их неудовлетворительным техническим состоянием, но также занижением водопроницаемости пород, при оценке которой существующими методами не учитывается влияние глубины воды в канале (напора  $h$ ) на скорость фильтрации ( $V_{\phi}$ ). В формулах Павловского для расчета потерь, рекомендуемых СНиП /1/, значения  $V_{\phi}$  принимаются равными коэффициенту фильтрации ( $K_{\phi}$ ), определение которого производят по наливам в шурфы при слое воды 0,1 м /2/. Поскольку градиент напора ( $I$ ) при установившемся впитывании принято считать равным единице, практически значения  $K_{\phi}$  равны установившейся скорости впитывания ( $V^*$ ).

Однако, закон фильтрации в общем виде (по А.Н. Костякову) указывает на степенную зависимость скорости фильтрации от напора:

$$V_{\phi} = K_{\phi} h^m \dots(1),$$



где  $K_t$  - коэффициент, характеризующий проницаемость пород в момент времени  $t$  при неустановившейся фильтрации,  $m$  - показатель степени, равный 0,15 в диапазоне  $0 < h < 10$  см и 0,25 при  $10 < h < 50$  см /3/. Как видим, показатель степени возрастает с увеличением напора, поэтому принятое в формулах Павловского условие  $m = 0$  может, видимо, иметь место только в некоторых особых случаях. Важное влияние напора на величину потерь, установленное по данным полевых исследований фильтрации, отмечали Т.Н. Преображенский /4/ и А.А. Рачинский /5/, указывая в то же время на противоположное напору влияние капиллярных сил.

Изменение водопроницаемости пород в период неустановившейся фильтрации обусловлено динамикой содержания заземленного воздуха в порах аэрации ( $n$ ) под действием напора, капиллярного давления, а также температуры воды и породы. Лабораторные опыты М.З. Гузова /6/ показали, что при напоре 20 - 40 см воздух скапливается перед фронтом впитывания, снижая водопроницаемость, а при  $h > 1$  м происходит растворение заземленного воздуха в воде и увеличение скорости фильтрации. Исследования зарубежных ученых позволили установить, что при магазинировании скорость фильтрации в зимний период (в условиях ГДР и США) существенно снижается. Это явление объяснялось изменением вязкости воды /7/, которое происходит, вероятно, вследствие выделения воздуха при ее нагревании по пути движения.

При обзоре методов определения фильтрационных потерь А.Н. Костяков отметил вывод американского инженера Морица о необходимости учета влияния напора на водопроницаемость пород и его предложение определять расчетные значения коэффициента фильтрации при глубине воды в канале равной 70% от ее максимальной величины /8/.

Метод налива в шурф, как указывали А.М.Сойфер /9/ и В.М.Шестаков /10/, не позволяет определять реальные характеристики водопроницаемости пород зоны аэрации и может служить лишь для сравнительной оценки ее изменчивости в пространстве и во времени. Истинные показатели водопроницаемости следует устанавливать на основании «более фундаментальных опытов», к которым, по нашему мнению, можно отнести длительные наливывы в шурфы и котлованы при разных значениях напора.

Такие наливывы были проведены сотрудниками ВНИИГиМ в Голодной степи в 1963 - 1967 годах на опытном участке, сложенном переслаивающейся толщей лесовидных суглинков и глин мощностью более 20 м. Наливывы в шурф площадью 10 м<sup>2</sup> проведены при значениях напора 0,8 - 1,2 - 1,6 - 1,8 м в течение 60 сут /11/. Установлено, что скорость сработки уровня ( $V_{ур}$ ) возрастала во времени и к концу опыта превышала ее значения на десятые сутки соответственно в 1,2-2,2-3,1 - 3,7 раза (рис. 1). Следовательно, только при напоре 0,8 м фильтрацию с точностью 20% можно считать установившейся и среднюю скорость фильтрации 0,45 м/сут принимать в качестве расчетной.

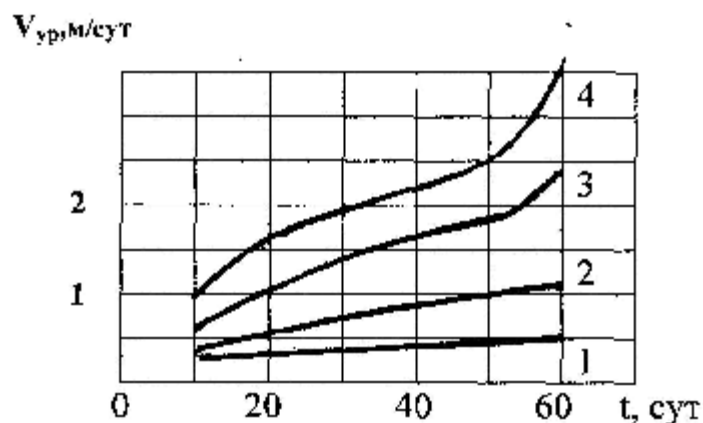


Рисунок 1 - Графики скорости сработки уровня воды в шурфе при разных значениях напора : 0,8 – 1,2 – 1,6 – 1,8 м ( 1 – 4)

Графики  $V_{ур}(t)$  при значениях напора более 1,0 м в период от 10 до 50 суток отражают увеличение водопроницаемости, что, видимо, объясняется снижением содержания защемленного воздуха. Резкое возрастание значений  $V_{ур}$  при напоре 1,6 и 1,8 м связано с возникновением суффозии, которая после опыта проявилась в виде воронок на дне шурфа.

Котлованы длиной 30 м с разными размерами трапецеидального поперечного сечения (шириной по дну  $b$  от 1,0 до 3,0 м и заложением откосов  $\phi$  от 1,5 до 2,0) заполнялись водой до глубины от 0,3 до 1,5 м, которая поддерживалась постоянной в течение периода времени от 10 до 80 суток. Первый этап увлажнения, характеризующийся резким снижением скорости поглощения воды вследствие уменьшения градиента капиллярного давления, продолжался в течение 3 - 5 суток.

Второй этап, отражающий фильтрационное движение, происходит по двум противоположным вариантам, а именно: в случае  $h > 0,7$  м скорость фильтрации увеличивается во времени, а затем стабилизируется на значениях  $V_{ур}^*$ , возрастающих с увеличением напора (рис. 2). Для  $h = 0,3 - 0,5 - 0,7$  м характерно наступление практически установившегося движения в начале второго этапа и затем медленное снижение скорости фильтрации [12].

Это указывает на необходимость установления «критического» значения напора ( $h^*$ ), при котором осуществляется переход от снижения во времени водопроницаемости пород к ее увеличению. В нашем случае критический напор, видимо, находится в диапазоне от 0,8 до 1,2 м, поэтому определение водопроницаемости пород под каналами с глубиной наполнения более 1,2 м следует производить в течение периода времени, достаточного для определения установившейся скорости фильтрации. Из графиков скорости сработки уровня в котлованах № 1 ( $b = 1,0$ ,  $q > 1,75$ ,  $h = 1,3$  м), № 3 ( $b = 3,0$ ,  $\phi = 1,5$ ,  $h = 1,5$  м), № 5 ( $b = 2,0$ ,  $\phi =$

2,0,  $h = 1,3$  м), представленных на рисунке 2, видно, что период неустановившейся фильтрации составляет 50-75 сут. При значениях напора 0,3 и 0,5 м стабилизация скорости сработки уровня наступает, соответственно, через 5 и 8 суток (рис. 3).

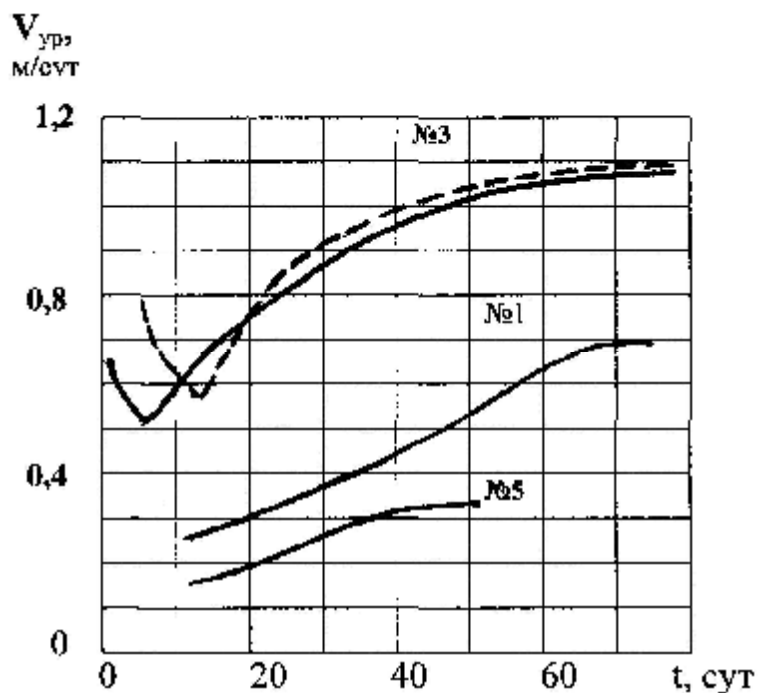


Рисунок 2 - Графики скорости сработки уровня воды в котлованах №1 и №5 при значениях напора 1,3 м, в котловане №3 при напоре 1,5 м (1963 и 1964 годы)

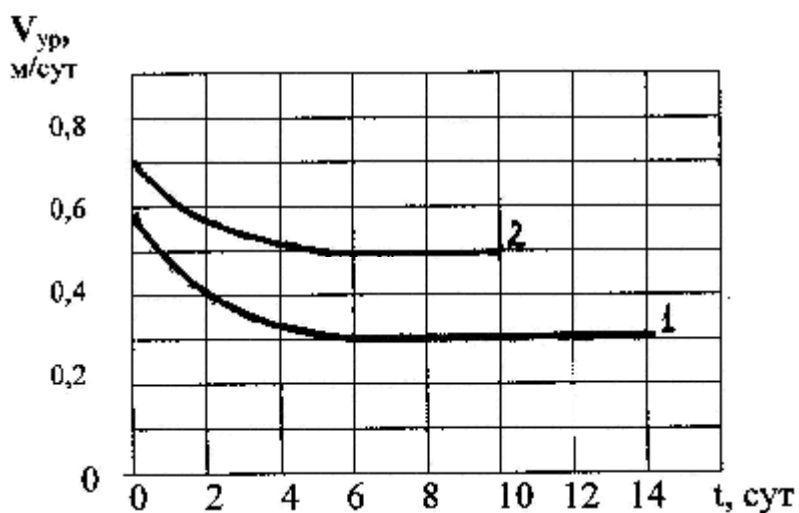


Рисунок 3 - Графики скорости сработки уровня воды в котловане №3 при значениях напора 0,3 (1) и 0,5 (2) м

Зависимости установившейся скорости сработки уровня от напора являются степенными в виде:

$$V_{ур}^* = K^* h^{0,8} \dots (2),$$

где значения  $K^*$  закономерно уменьшаются с увеличением заложения откосов, составляя при  $\phi = 1,5 - 1,75 - 2,0$  соответственно  $0,80 - 0,55 - 0,30$  м/сут (рис. 4).

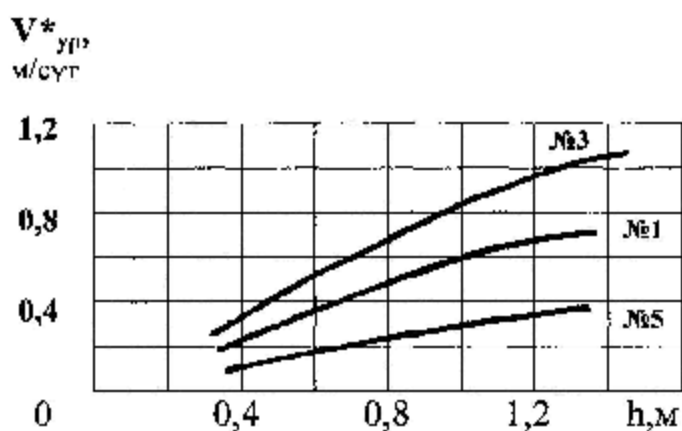


Рисунок 4 - Зависимости установившейся скорости сработки уровня воды от напора в котлованах №№ 1, 3, 5 при  $\phi = 1,75 - 1,5 - 2,0$

Значения  $V_{ур}^*$ , рассчитанные по формуле (2) при напоре 0,1 м, изменяются от 0,13 до 0,05 м/сут, поэтому средняя величина коэффициента фильтрации может быть принята равной 0,09 м/сут. В этом случае значения удельных потерь ( $q$ ) из котлована № 3 при определении их по формулам Н.Н.Павловского /1/ для  $h = 0,5 - 1,0 - 1,5$  м составят  $0,53 - 0,71 - 0,74$  м<sup>2</sup>/сут. Опытные значения, равные  $V_{ур}^*B$  (где  $B$  - ширина зеркала воды), равны соответственно  $2,25 - 4,80 - 8,25$  м/сут, то есть больше рассчитанных в  $4,25 - 6,75 - 11,1$  раза.

Следовательно, водопроницаемость пород зоны аэрации существенно зависит от напора, поэтому коэффициент фильтрации, определяемый по наливам в шурфы при  $h = 0,1$  м, не может быть использован при оценке потерь воды из оросительных каналов. Для этой цели следует экспериментально устанавливать степенные зависимости  $V_{ур}^*(h, \phi)$  по результатам длительных наливов в котлованы разного поперечного сечения минимум при трех значениях напора.

Для снижения потерь воды из оросительных каналов в качестве противофильтрационного мероприятия может быть использована технология кольматирования ложа канала воздухом /13/.

#### Литература

1. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. - М. Госстрой СССР, 1986.
2. ГОСТ 23278-78. Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости.- М.: Госстрой СССР, 1987.
3. Костяков А.Н. Основы мелиорации. ОГИЗ-Сельхозгиз, 1938
4. Преображенский Т.М. Условия минимального просачивания воды в ирригацион-

ных каналах // Труды института гидротехники и мелиорации, том XIV. М.: 1935

5. Рачинский А.А. Потери воды в хозяйственной оросительной системе и меры борьбы с ними. Ташкент: Издание АН Узбекской ССР, 1956

6. Гузов М.З. Условия фильтрации в фильтрационных приборах и новый метод определения коэффициента фильтрации в лабораторных условиях. // Тр. Киев. гидромелиор. ин-та, вып. 6. Изд. КГУ, 1956, с. 119- 131.

7. Гидрогеологические исследования за рубежом (под редакцией Н.А. Маринова). М.: Недра, 1982. С. 428.

8. Moritz E.A. Working for irrigation engineers. N.-Y. 1915

9. Соيفер А.М. Фильтрационное опробование зоны аэрации опытными наливками // Тезисы докладов IV межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению. Ашхабад: 1980

10. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. М.: Изд-во МГУ, 1992, с. 256.

11. Мочалов И.П., Климов Ю.А. Влияние величины напора на интенсивность фильтрации в условиях слоистой толщи грунтов // Сборник «Материалы науч.-тех. конференции молодых специалистов водохозяйственных проектных и научно-исследовательских институтов. Том 1. М.: Гипроводхоз, ЦБНТИ, 1966.

12. Макарычева Е.А. Фильтрация из канала и ее воздействие на грунтовые воды. Автореф. дисс... к.т.н., 1970.

13. Петров А.М. Технология кольматирования ложа канала воздухом // Мелиорация и водное хозяйство, 2003, 2003. С. 32-33.

УДК 631. 671;631.43; 556.01

## **БАССЕЙНОВЫЙ ПОДХОД ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ ОРОШЕНИЯ И ОСУШЕНИЯ**

**Н.И. Парфенова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Экологическое обоснование при проектировании, строительстве и эксплуатации оросительных и осушительных систем должно исходить из требований к обеспечению благоприятного режима взаимосвязи поверхностных и подземных вод, сохранения и воспроизводства плодородия почв, установления допустимых пределов антропогенного воздействия на них. Экологически обусловленное природопользование направлено на предотвращение чрезмерного поверхностного стока, смыва почв, ветровой эрозии, развития просадочных и оползневых явлений, подтопления, заболачивания, засоления и осолонцевания почв. Особое значение имеет учет требований растений при осуществлении мелиоративных мероприятий. Указанные требования направлены на обеспечение устойчивого (стабильного) функционирования природных систем на мелиорируемых территориях. Все основные показатели функционирования не должны выходить за рамки их экологически допустимых изменений.

В трудах А.Н. Костякова особое внимание уделено разработке комплексных мелиораций в целом на всей территории водосборного бассейна реки. Он предлагал для отдельных объектов рассмотрение проектов многофакторного улучшения бассейна рек. Это обусловлено тем, что процессы функционирования природных систем в бассейнах тесно взаимосвязаны. В них едины главные факторы формирования поверхностных и подземных гидрогеохимических потоков, определяющих экологическое состояние мелиорируемых агроландшафтов и прилегающих земель.

Рассмотрение данной проблемы в пределах бассейнов рек первого, второго и третьего порядков дает возможность учитывать взаимодействие и взаимосвязь водных и земельных ресурсов, изменяющихся при их эксплуатации. Водные артерии – реки всех уровней каждого бассейна соединяют в единый природный механизм все регионы водосборной площади. Единое питание атмосферными осадками подземных вод и водность рек зависят от зональности климата.

Показатели экологически благоприятного режима взаимосвязи поверхностных и подземных вод охватывают широкий круг вопросов. К ним относятся: циклические изменения атмосферных осадков, определяющие питание поверхностных и подземных вод; максимальные уровни и расходы воды в реках; границы затопления при максимальных уровнях; наивысшие уровни ледохода и скорости течения.

При этом должны быть установлены ожидаемые сроки затопления пойм, питание грунтовых вод, изменение их режима, возможное увеличение прихода загрязненных сточных вод сельскохозяйственного и промышленного производства и населенных пунктов. Особое внимание должно быть уделено выделению зон усиленного водообмена между почвенными и грунтовыми водами.

На малых реках рекомендуется создание стабилизирующих водохранилищ, позволяющих регулировать - удлинить во времени процесс поступления в головные водохранилища, снизить риск наводнений, так как до 70% стока приходится на паводок /8/. Такие мероприятия влияют на весь бассейновый сток поверхностных и подземных вод.

На территории бассейна соотношение орошаемых и неорошаемых площадей играет основную роль при решении вопроса о необходимости строительства и сроков ввода дренажных систем. Вместе с тем, площадь пашни в бассейне должна быть ограничена в зависимости от зонально-климатических условий /1/. В центральной европейской части Волго-Вятского региона и на Северо-западе – до 20% от общей площади земель, на Урале, в Поволжье и на Северном Кавказе – до 25%, в Центральном Черноземном районе и Западной Сибири – до 30%, для восточной Сибири - до 15%, Дальнего Востока – до 10%. Степень распаханности ландшафтов влияет на устойчивость функционирования природных систем, использование водных и земельных ресурсов.

В районах с заторфованными территориями при освоении необходимо сохранять часть их в естественном состоянии для поддержания экологического баланса и оптимизации природной среды /4/. Кроме того, болотные воды рассматриваются как резерв пресных вод.

На орошаемых землях изменяются тепловой и водный балансы, баланс органических веществ и химических элементов на 5-15%. Увеличивается радиационный баланс, нарастает поверхностный и подземный сток на 15-30%. Это приводит к усилению влагообмена между почвенными и грунтовыми водами. В пределах бассейнов изменения на гипсометрически более высоких территориях скажутся на нижележащих землях и водных артериях.

Одной из основополагающих идей А.Н. Костякова была идея о том, что при мелиорации земель необходимо максимально сокращать переход веществ – воды, солей, питательных элементов из почв в грунтовые воды, сокращать фильтрационные потери. Эта проблема и сейчас наиболее актуальна.

Теоретическое обоснование орошаемого земледелия, в частности определение оросительных норм /9/, базирующееся на изучении водного и солевого баланса и режимов, должно быть не только в пределах локальных участков, но и в региональном масштабе, так как освоение земель в верховьях или на высоких террасах вызывает подтопление в нижних частях бассейнов и низких террасах. В естественных условиях, как известно, в биогеохимическом (малом) круговороте участвуют водород, кислород, углерод, азот, фосфор, сера, кальций, калий и другие элементы, 93-95% которых повторно используются растениями. В большой геологический круговорот выносятся только 5-7% веществ. Под влиянием агротехнических и мелиоративных мероприятий их вынос значительно усиливается.

Режимы источников малых рек и водоемов слабо изучены. Поэтому не всегда известны причины сокращения объемов речного стока, особенно в степной и аридной зонах. Необходима разработка вопросов экологически допустимых изъятий воды из рек. В связи с созданием водохранилищ неизбежно сокращается разгрузка подземных вод в виде меженного стока в реки. По сравнению с ненарушенными природными условиями объемы речной воды, не поступающие в моря, расходуются на испарение и аккумулируются в подземных водах на больших площадях, особенно в бассейнах крупных рек.

Снижение разгрузки подземных вод в реки, зарегулированные водохранилищами, приводит к росту запасов грунтовых вод на всей водосборной площади бассейна. Подъем уровня грунтовых вод даже незначительный за год за длительный период приводит к переувлажнению почвенного слоя в первую очередь в местах понижений рельефа. В связи с этим снижается плодородие переувлажненных почв, так как ухудшаются водно-физические и физико-химические их свойства.

В настоящий период возможен подход к районированию водосборной площади бассейнов мелиорируемых и богарных земель и агроландшафтов с точки зрения их экологической устойчивости (стабильности). Классификационными показателями могут быть приняты в первую очередь климатообразующие и почвообразующие факторы и процессы (табл. 1). К ним относятся ландшафтно-географические зоны – лесная, степная, сухостепная, полупустынная и пустынная или зоны избыточного, неустойчивого, недостаточного увлажнения и засушливые. Это зоны могут быть выделены по характерным коэффициентам увлажнения  $K_u$ . Например, в лесостепной от 0,61 до 0,90; в степной зоне от 0,41 до 0,60. Коэффициент увлажнения равен отношению среднегодовой величины осадков  $O_c$  на орошаемых территориях плюс оросительная норма ( $O_c+O_p$ ), к испаряемости  $E_o$ . Это соотношение определяет наличие водных ресурсов и развитие почвообразовательных процессов, от которых зависит плодородие почв.

Таблица 1 - Исходные показатели районирования агроландшафтов при экологическом обосновании

Зоны	Подзоны	Участки	Подучастки
$K_u = O_c/E_o$ <b>Коэффициент увлажнения</b>	<b><math>F_{осв}</math></b> Показатель степени освоения	<b><math>K_{стаб}</math></b> Коэффициент стабильности	<b>МС</b> Показатель неудовлетворительного мелиоративного состояния
1. Избыточного увлажнения > 1,4	1). 20% допустимое	1). Менее 0,33 очень низкий	1). Менее 10% допустимое
2. Неустойчивого увлажнения 0,60 – 1,41	2). 20-50% условно допустимое	2). 0,3-0,5 низкий	2). 10-30% условно допустимое
3. Недостаточного увлажнения 0,40 – 0,61	3). Более 50% недопустимое	3). 0,51-0,66 средний	3). Более 30% недопустимое
4. Засушливые < 0,40		4). 0,67-1,0 высокий	

Подзоны возможно выделять по показателю  $F_{осв}$ , характеризующему степень освоения территории, то есть процент площади пашни от общей площади в виде отклонения от норм, указанных выше для Северной, Центральной, Восточной и других частей России. Причем отклонение от нормы на 20% можно



считать допустимым, от 20 до 50% - условно допустимым, более 50% - недопустимым.

Внутри зон при районировании могут быть выделены участки по коэффициенту устойчивости (стабильности) для всех агроландшафтов /2,3/:

$$K_v = 1/F \sum_{i=1}^n f_i K_{\text{стаб}} \cdot K_2,$$

где  $K_v$  – коэффициент устойчивости;  $F$  – площадь водосбора;  $f_i$  – площадь  $i$ -го участка – угодья;  $K_{\text{стаб}}$  – коэффициент стабильности. Значения этого коэффициента предложены следующие /1-3/: для широколиственных лесов – 1,0; для болот, водотоков и водоемов – 0,79; для смешанных лесов – 0,63; для лугов – 0,62; для садов, лесных культур, лесополос – 0,43; для хвойных лесов – 0,38; для пашни – 0,14; для населенных пунктов  $K_{\text{стаб}}$  имеет отрицательную величину.

Считается, что можно выделить категории по  $K_{\text{стаб}}$ : очень низкая устойчивости -  $K_{\text{стаб}} < 0,33$ ; низкая устойчивость -  $K_{\text{стаб}} = 0,3-0,5$ ; средняя устойчивость -  $K_{\text{стаб}} = 0,51-0,66$ ; высокая устойчивость  $K_{\text{стаб}} = 0,67 - 1,0$ .

В пределах орошаемых и осушенных земель подучастки могут быть выделены по показателю мелиоративного состояния  $MC$ , равному процентному содержанию земель неудовлетворительного состояния в виде трех категорий: менее 10% - допустимое, 10-30% - условно допустимое, более 30% - недопустимое. Категории неудовлетворительного состояния выделяются в соответствии с действующими рекомендациями /5/.

Кроме того, азонально должны быть выделены территории: чрезмерного поверхностного стока; развития водной эрозии; развития ветровой эрозии; подтопления; источников загрязнения поверхностных и подземных вод; просадочных и оползневых явлений; интенсивного развития опустынивания /7/.

#### Выводы

1. Экологически обусловленное природопользование должно предотвращать развитие негативных явлений в локальном, и региональном масштабах, рассмотрение которых целесообразно производить в пределах всей территории водосборной части бассейнов рек разного уровня.

2. Допустимые пределы антропогенного воздействия ориентировочно могут быть установлены по общим, рассмотренным в статье показателям, удобным для проведения районирования территории бассейна с целью обзора существующего экологического состояния мелиорируемых и прилегающих земель и назначения необходимых мероприятий.

3. Ярко выраженные экологически недопустимые явления должны быть выделены территориально особым знаком, таким как: подтопление, заболачи-

вание, засоление, источники загрязнения поверхностных и подземных вод, эрозия, просадки, оползневые явления, опустынивание.

### **Литература**

1. Айдаров И.П. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций в России // «Проблемы и перспективы развития мелиорации, водного и лесного хозяйства. (К 75-летию Российской академии сельскохозяйственных наук), 2004. С. 235-246
2. Баранов В.А. Агрэкология. М.: Колос, 2000. С. 458-463
3. Голованов А.И., Сухарев Ю.И., Шабанов В.В. Комплексное обустройство территорий - дальнейший этап мелиорации земель // Мелиорация и водное хозяйство, 2006, № 2. С. 25-30
4. Инишева Л.И. Основы рационального использования торфяноболотных экосистем Западной Сибири // «Экологические проблемы мелиорации». Материалы международной конференции. М.: ВНИИГиМ, 2002. С.37-39
5. Кац Д.М. Руководство по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. М.: ВНИИГиМ, 1979.
6. Кирейчева Л.В. Развитие мелиораций в России: современное состояние и перспективы // Мелиорация и водное хозяйство, 2005, № 3. С.18-22
7. Кулик К.Н. Роль агро-мелиорации в борьбе с опустыниванием // Мелиорация и водное хозяйство, 2005, №1. С. 24-25
8. Морозов С.А., Бочкарев Я.В. Управление водными ресурсами малых рек системой стабилизирующих водохранилищ // «Экологические проблемы мелиорации» / Материалы международной конференции. М.: ВНИИГиМ, 2002 С. 342-343.
9. Сухарев В.И. Воднобалансовые соотношения как характеристика мелиоративного режима почв в лесостепной зоне // Мелиорация и водное хозяйство, № 1. 2006. С. 23-25.

УДК 556.1+502.3

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ**

**П.И. Пыленок, И.В. Сидоров, А.В. Ситников, А.С. Кузьмичева**

Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ, Рязань, Россия

В процессе мелиорации в общественное производство вовлекаются земельные и водные ресурсы, ресурсы атмосферы, консументов и продуцентов. Земельные и водные ресурсы относятся к возобновляемым, наиболее длительно и устойчиво используемым человеком природным ресурсам. Несмотря на то, что Россия обладает 10% мировой площади продуктивной пашни и 20% мирового объема пресной воды [1, 2], повышение уровня использования природно-ресурсного потенциала - весьма актуальная задача. Есть резервы для его увеличения путем совершенствования механизмов управления.

В данной работе рассмотрены резервы повышения эффективности использования почвенных и водных ресурсов на примере мелиорируемых пойменных агроландшафтов окского бассейна. Для решения этой задачи, на наш взгляд,

недостаточно используются возможности управления круговоротом воды и химических веществ, преимущественно на основе замкнутых циклов и биотехнологий (рис. 1). Замкнутые технологии предполагают утилизацию отходов и называются также рециклинговыми. Такие технологии рассматриваются как одно из основных направлений рационального природопользования и охраны окружающей среды [3], но в мелиоративной науке недостаточно обоснованы. Наряду с водооборотными и биотехнологиями к рециклинговым относятся технологии утилизации сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения, технологии периодического залужения интенсивно используемых мелиорируемых земель (весьма актуально для торфяно-болотных почв) и др. Для оценки общей эффективности таких технологий важно определить финансовые потоки (табл. 1). При этом в условиях действия экономических механизмов природопользования среди этих потоков следует учитывать сокращение платы за водопользование, минимизацию платы за загрязнение окружающей среды, снижение затрат на сохранение и восстановление почвенного плодородия.

Как правило, оптимизация (снижение) ресурсопотребления сопровождается снижением урожайности. Условие оптимизации должно отвечать требованию, чтобы ущерб от снижения урожайности сельскохозяйственных культур не превышал ущерба в окружающей среде, который возник бы при реализации традиционных технологий природопользования [5]:

$$U_{III}^{охр} \leq U_{ОПС}^{норм} , \quad (1)$$

где  $U_{III}^{охр}$  - ущерб от снижения урожайности сельскохозяйственных культур при оптимизации природопользования;  $U_{ОПС}^{норм}$  - ущерб в окружающей природной среде при реализации базовых технологий природопользования.

При выполнении условия (1) сохраняются или повышается уровень общественной эффективности природоохранной мелиорации. В условиях нарастания дефицита природных ресурсов и повышении платы за них возрастает роль такого критерия, как ресурсоемкость или ресурсопотребление, оптимизация которого может быть формализована в следующем виде:

$$P_{ем} = \frac{Q}{\Pi} = \frac{M}{Y} \rightarrow \min , \quad (2)$$

где  $P_{ем}$  – ресурсоемкость (расход оросительной воды на единицу продукции), м<sup>3</sup>/т;  $Q$  – количество природного ресурса;  $\Pi$  – полезная продукция;  $M$  – сезонная норма увлажнения в м<sup>3</sup>/га;  $Y$  – урожайность, т/га.

При анализе результатов в качестве основного критерия сравнительной эффективности использован чистый дисконтированный доход ( $ЧДД \geq 0$ ;  $ЧДД \rightarrow max$ ), а в качестве дополнительного – срок окупаемости инвестиций ( $T_{ок} \rightarrow min$ ).

$$ЧДД(NPV) = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \cdot (1 + E_0)^{-t} , \quad (3)$$

где  $T$  - горизонт расчета, лет;  $E_d$  – норма дисконта (для мелиоративных природоохранных мероприятий может быть принята равной 0,06);  $R_t$  – экономический результат на шаге  $t$ ;  $Z_t$  – затраты в этот же период.

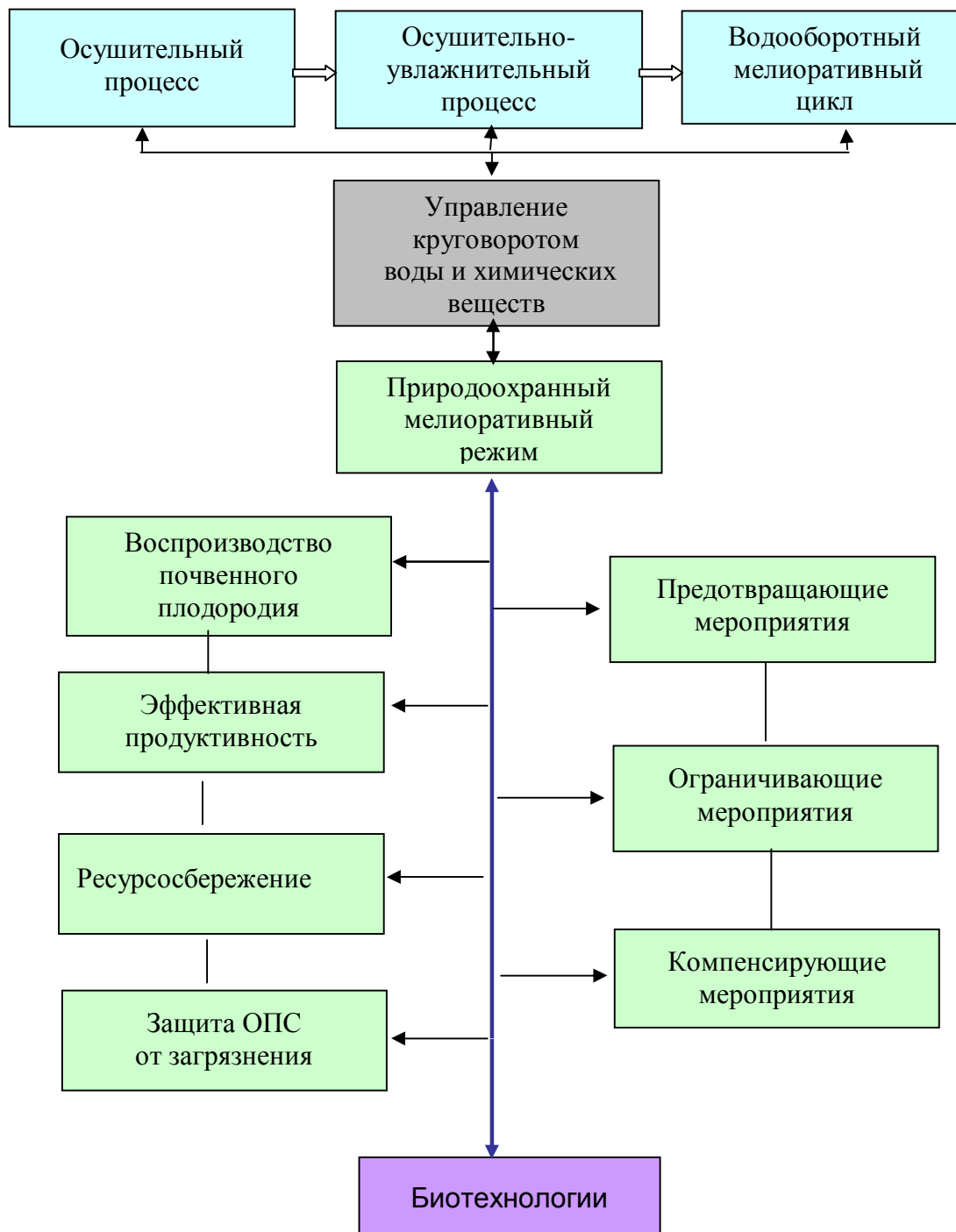


Рисунок 1 - Концептуальная модель рационального природопользования в мелиорируемом агроландшафте

Результаты расчетов показывают [5], что водооборотный мелиоративный цикл, реализованный в изучаемых технологиях, является эффективным. Окупаемость инвестиций достигается за 3,2 года для систем с прудом-накопителем

и менее одного года для систем с каналом-накопителем (последняя конструкция защищена патентом РФ [4]).

Опытно-производственная апробация выполнена на модуле водооборотной осушительно-увлажнительной системы «Пойма» экополигона «Мещера», которая позволяет реализовать водооборотный мелиоративный цикл<sup>1</sup>, дополненный агробиотехнологическим (биогумус, эффективные микроорганизмы «Байкал ЭМ-1, гуматы калия).

В условиях среднего по тепловлагообеспеченности вегетационного периода 2006 г. на дерново-луговых аллювальных почвах в традиционном режиме увлажнения (ТРУ) потребовалось три полива картофеля нормами 15...20 мм (сезонная норма увлажнения - 55 мм), на варианте ТРУ+ГК (с внесением гумата калия) соответственно 3 полива и 60 мм. Варианты ПРУ (природоохранный режим увлажнения) и ПРУ+ГК орошались один раз (норма увлажнения соответственно 15 и 25 мм). На делянках с ранней капустой (варианты опыта ТРУ и ТРУ + БГ- биогумус) провели по два полива, норма увлажнения 40 мм для каждого варианта. На вариантах опыта ПРУ и ПРУ+БГ дополнительного увлажнения не требовалось (табл. 1 и 2). Поливы проводились дренажными водами.

Таблица 1 - Режим увлажнения картофеля на ОПУ «Пойма», 2006 г.

Варианты опыта	Поливные нормы (мм) по датам полива			Сезонная нормы увлажнения, мм
	4.07.06	10.07.06	14.07.06	
ТРУ	20	20	15	55
ТРУ+ГК	20	20	20	60
ПРУ	-	-	15	15
ПРУ+ГК	-	-	25	25

Таблица 2 - Режим увлажнения капусты на ОПУ «Пойма», 2006 г.

Варианты опыта	Поливные нормы (мм) по датам полива		Норма увлажнения, мм	Приживочный полив, мм
	4.07.06	10.07.06		
ТРУ	20	20	40	17
ТРУ+БГ	20	20	40	17
ПРУ	-	-	0	17
ПРУ+БГ	-	-	0	17

Применение органоминерального гуминового удобрения (оргум гумат калия) на фоне увлажнения дренажными водами обеспечило существенную прибавку урожайности картофеля «Жуковский ранний» независимо от режима ув-

<sup>1</sup> Водооборотный мелиоративный цикл включает три стадии: «осушение - накопление дренажных вод - увлажнение», является замкнутым, позволяет часть стока из большого геологического круговорота направлять в малый биотический круговорот.

лажнения. В варианте с традиционным режимом увлажнения прибавка составила 2,79 т/га или 12,3%, в вариантах с природоохранным режимом увлажнения - 2,55 т/га или 11,9%. Внесение биогумуса из расчета 3,8 т/га на фоне увлажнения дренажными водами обеспечило достоверную прибавку урожайности ранней капусты (10,5 т/га) только в варианте с природоохранным режимом увлажнения. Прибавка в варианте с традиционным режимом увлажнения была заметной - 7,72 т/га, но как показал дисперсионный анализ, незначительной. В среднем по вариантам увлажнения применение биогумуса обеспечило достоверную прибавку урожайности капусты на 9,11 т/га ( $НСР_{05} = 6,24$  т/га), а по фактору увлажнения прибавка недостоверна (3,54 т/га при  $НСР_{05} = 6,24$  т/га).

Технология природоохранного режима комплексной мелиорации в условиях полевого деляночного опыта обеспечила существенное снижение ресурсоемкости по оросительной воде. Так, удельный расход оросительной воды на единицу товарной продукции ( $м^3/т$ ), являющийся одним из основных показателей эффективности мелиоративных технологий, составил для картофеля: варианты ТРУ - 24,3; ТРУ+ГК - 23,6; ПРУ - 7,0; ПРУ+ГК - 10,5; для ранней капусты соответственно 24,9; 18,6; 9,4; 6,0 (рис. 2 и 3).

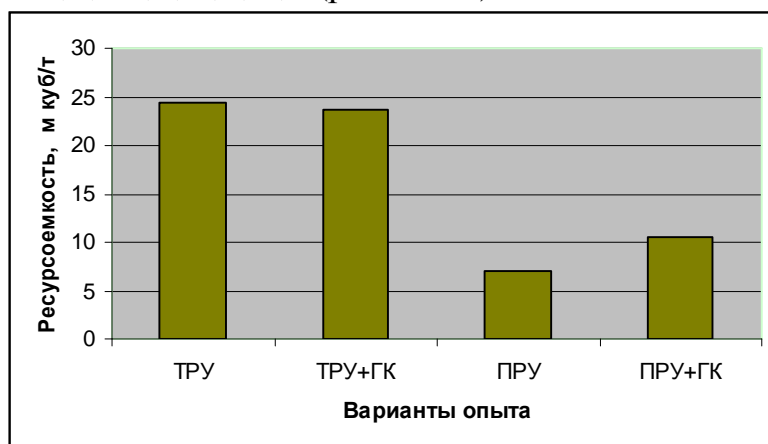


Рисунок 2 – Сравнительная ресурсоемкость технологий возделывания картофеля в полевом деляночном опыте 2006 г.

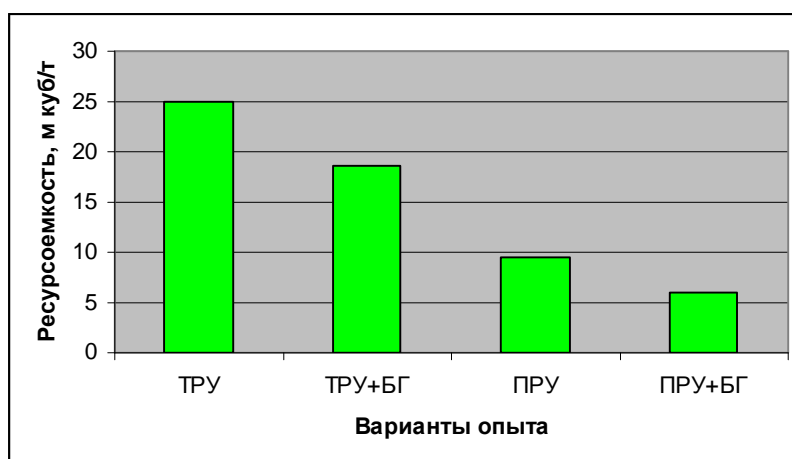


Рисунок 3 – Сравнительная ресурсоемкость технологий возделывания капусты в полевом деляночном опыте 2006 г.

Ранее выполненные исследования показали, что применение микробиологический препарат «Байкал ЭМ-1» на протяжении трехлетнего периода исследований (2003-2005 г.г.) способствовало повышению микробиологической активности деградированной аллювиальной почвы от 19...30 до 70,6%. При этом в пахотном слое отмечался рост численности анаэробных азотфиксаторов. Расход оросительной воды снижался с 33,1 до 10,7 м<sup>3</sup>/т, отмечалась достоверная прибавка урожая раннего картофеля на 10-14%.

Полученные данные говорят о целесообразности и перспективности природоохранного режима увлажнения с применением дренажных вод в комплексе с биотехнологиями, что обеспечивает утилизацию дренажных вод, исключает дополнительный водозабор, исключает плату за загрязнение природных водоемов и плату за водопользование.

#### **Литература**

1. Природные ресурсы – национальное богатство России. 2-е изд./Сост. В.П. Зволинский, Н.В. Кузнецова, О.А. Титова. – М.: Изд-во РУДН.с, 2000. – 343 с.
2. Россия: водно-ресурсный потенциал/Под научн.ред. А.М. Черняева; РосНИИВХ. – Екатеринбург: «Аэрокосмозология», 1998. – 342 с.
3. Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система//Патент РФ №2233075, Бюл.№21, 2004.
4. Пыленок П.И., Сидоров И.В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии.–М.: Россельхозакадемия, 2004.- 323 с.
5. Пыленок П.И. Природоохранные режимы и технологии мелиорации переувлажненных сельскохозяйственных земель/Автореф. дисс. докт. техн. наук. --М., 2005.- 56 с.

УДК 551.791.6

## **ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ КАРАКАЛПАКСТАНЕ**

**М.Х. Саидова**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Арал-Амударьинский регион до настоящего времени сохраняет статус зоны экологического бедствия, объявленной в 1991 году. Интенсивные заборы воды из реки Амударьи на ирригацию и другие цели, а также сброс в речную сеть минерализованных возвратных вод, содержащих остатки минеральных удобрений, фенолы, нефтепродукты, ядохимикаты сельскохозяйственного назначения и другие загрязняющие речную воду вещества, привели к снижению качества воды реки Амударьи. В результате население региона за неимением альтернативных источников вынуждено в течение длительного времени употреблять некачественную воду, чем и объясняется существующая сложная санитарно-эпидемиологическая обстановка.

Все попытки решения проблемы так или иначе связаны с использованием амударьинской воды без сколько-нибудь существенного изменения системы водозаборов из реки и сбросов в нее. Поэтому ситуация меняется очень медленно.

Между тем имеется реальная возможность создания локальных систем питьевого водоснабжения на базе аккумуляции весеннего поверхностного стока с такырных почв. Об этом свидетельствуют результаты наших исследований потенциальных возможностей такыров формировать поверхностный сток на территории пустыни Кызылкум. Прежде всего исследования включали сбор, систематизацию и обобщение материалов многолетних наблюдений за атмосферными осадками, особенно периода с марта по май, когда выпадают стокообразующие дожди. Поскольку осадки отличаются высокой изменчивостью во времени, рассчитывались их суммы различной обеспеченности. Далее по крупномасштабным картам определялись площади такыров, которые в дальнейшем корректировались в период полевых исследований с использованием спутниковой системы Global Position System.

Полевые исследования позволили определить водно-физические свойства такыров, выполнить микроклассификацию их поверхностей. Всего выделены следующие типы поверхностей такыров по характеру их корки:

- тяжелая структурная корка;
- тяжелая осадочная корка;
- вздутая корка;
- корка с редким низким кустарником;
- мелкобугристая корка;
- корка, покрытая песком.

Для каждого типа поверхности такыра определен механический состав и коэффициент фильтрации с помощью мембранного инфильтрометра. Установлена зависимость между содержанием физической глины (число почвенных частиц диаметром менее 0,01 мм) и коэффициентом фильтрации. Корреляционное отношение этой зависимости равно  $-0,911$  и она подчиняется уравнению:

$$K_{\phi} = 6,26 e^{-0,058f} \text{ см/час,}$$

где  $f$  – содержание физической глины, %.

Средний коэффициент стока определен первоначально теоретически путем вычленения из общей суммы атмосферных осадков той ее части, которая формируется стокообразующими дождями. При этом принят слой начальных потерь осадков в размере 5 мм, что подтверждено и экспериментально. Очевидно, что отношение суммы стокообразующих дождей к общему слою осадков, зафиксированных на метеорологической станции, численно равен коэффициенту стока, который мы условно называем средним, потому что он соответ-



ствуется некоторой совокупности такыров без дифференциации их по типам поверхностей.

Полевые исследования предусматривали независимое определение коэффициента стока с каждой из выделенных поверхностей такыра методом искусственного дождевания. Выполнено большое количество экспериментов, которые показали, что первые два типа поверхностей характеризуются коэффициентами стока 0,27 – 0,36, а последним двум типам присущ коэффициент стока 0,07 – 0,20. Средние два типа поверхностей занимают в ряду коэффициентов стока промежуточное положение. Наконец, расчетное значение коэффициента стока определено с учетом всей имеющейся информации как средневзвешенная величина по доле вклада каждого типа поверхности в формирование общей площади такыра.

Площадь такыров в Каракалпакии (без плато Усьтюрт) определена в размере 3260 км<sup>2</sup>, из которых 2510 км<sup>2</sup> (77%) компактно расположены к востоку от Тахтакупыра, едва не примыкая к этому районному центру.

Теперь представляется возможным определить сток с этой площади (табл. 1).

Таблица 1 - Разнообеспеченные атмосферные осадки (мм) и поверхностный сток с такыров (мм) в Тахтакупырском районе Республики Каракалпакстан. Сумма за период март – май

Элемент	Обеспеченность %							
	1	5	10	25	50	75	90	95
Осадки	231	178	128	80	64	19	10	3
Сток	73,9	57,0	41,1	25,6	20,5	6,1	3,2	1,0

Население Тахтакупырского района на 1.01.2000 г. составляло 47,7 тыс. человек, а в перспективе (2015 г.) увеличится до 58,9 тыс. человек. В соответствии с Государственным стандартом Республики Узбекистан 2.04.02-97 “Водоснабжение” потребность в воде в 2015г. составит 200 л/сут. (73 м<sup>3</sup>/год) на одного сельского жителя и 400 л/сут. (146 м<sup>3</sup>/год) на одного жителя райцентра с населением до 50 тыс. человек. Если принять, что нынешнее соотношение между сельским населением (74%) и населением райцентра Тахтакупыр (26%) в перспективе сохранится, то получим, что на одного жителя района потребуется 92 м<sup>3</sup> воды в год, а на всех жителей 5,4 млн. м<sup>3</sup>/год. Представляется, что с учетом потерь воды на испарение и фильтрацию при ее сборе, транспорте, хранении и потреблении потребность в воде возрастет до 10 - 12 млн. м<sup>3</sup> воды в год. Нетрудно видеть из приведенной таблицы, что даже в год 75-процентной обеспеченности по осадкам объем сформированного стока с площади такыров, расположенных в Тахтакупырском районе, обеспечивает необходимый объем воды

с солидным запасом (15,3 млн. м<sup>3</sup>/год), причем воды высокого качества с минерализацией 205-478 мг/дм<sup>3</sup>.

Существует, однако, две взаимосвязанные проблемы. Первая – влияние площади, с ростом которой сток должен значительно уменьшаться в связи с адекватным ростом начальных потерь дождя. Эта проблема решается путем приближения замыкающего створа к месту формирования стока. Вторая проблема – сбор и хранение воды без ущерба для ее качества. Представляется, что сардоба, это испытанное веками народное средство сбора и длительного хранения воды, является наилучшим решением данной проблемы. Очевидно, что схема размещения сардоб на площади такырного массива должна быть обоснована с помощью современного метода пластики рельефа.

УДК 502.5

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ "ВОДА – ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ" ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**Г.Ю. Толкачев**

Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

Иваньковское водохранилище – основной источник водоснабжения г. Москва, за годы его существования в донных отложениях накопилось значительное количество загрязняющих веществ. Наибольшую опасность с точки зрения качества воды всегда представляли тяжёлые металлы (ТМ) и их соединения, характеризующиеся высокой токсичностью. Эти вещества, накапливаясь в донных отложениях (ДО), могут при определённых условиях переходить обратно в водную массу. Таким образом, исследование миграции ТМ в системе «вода–донные отложения» и получение количественных оценок интенсивности их массообмена в этой системе в различные сезоны года является весьма актуальной задачей с точки зрения экологии, поскольку на основе этих характеристик можно судить об опасности вторичного загрязнения.

В донных отложениях и воде Иваньковского водохранилища исследовалось содержание таких элементов как Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Co, Ni, As.

Цель данной работы - выявление форм существования тяжёлых металлов в поровом растворе и твёрдой фазе донных отложений Иваньковского водохранилища и оценка накопления и выноса этих форм по материалам натуральных исследований.

Исследования на Иваньковском водохранилище в 1982-83 гг. показали, что за время существования водохранилища в его ДО сформировались ареалы, содержащие повышенные концентрации ТМ по сравнению с фоновыми участками. Анализ содержания ТМ в ДО за период 1989-1998 г, свидетельствовал о за-

метном снижении их концентраций, что явилось результатом как уменьшения объёмов поступления ТМ в водохранилище, так и выноса элементов из ДО. Сравнение суммарного коэффициента загрязнения 2002 г. с 1983 г. показывает, что он значительно снизился. На основе базы данных по содержанию ТМ в ДО Иваньковского водохранилища, полученной при проведении съёмки 2002 г., были также определены доверительные интервалы для концентрации каждого компонента по плёсам. Расчёт накопленной массы по плёсам водохранилища проводился на основании средних значений показателей. В 2002 г. величины стандартных отклонений значительно снизились по сравнению с съёмками 1990-1998 гг. Данный факт позволяет проводить расчёты содержания ТМ по площадям плёсов водохранилища на основании средних концентраций ТМ в ДО плёсов по представленным выборкам.

Валовое содержание тяжёлых металлов является важным показателем, однако оно ещё не говорит о возможном выходе ТМ из ДО в воду и вторичном загрязнении водных масс. По материалам летней съёмки 2002 г. оценивалось содержание и масса растворённых форм ТМ в поровом растворе 10-сантиметрового слоя ДО в Иваньковском водохранилище. Сравнение массы ТМ в твёрдой фазе и поровом растворе 10-сантиметрового слоя ДО показывает, что доля запасов ТМ в поровом растворе практически всех элементов в летний период незначительна. Необходимо подчеркнуть, что роль порового раствора в процессах вторичного загрязнения водных масс водохранилища не ограничивается запасами растворённых элементов. Часть ТМ, закреплённая в твёрдой фазе ДО, в определённых условиях переходит в поровый раствор и далее в водную массу, и переход ТМ из ДО в водную массу осуществляется транзитом через поровый раствор.

Для изучения сезонной динамики были выбраны 2 характерных участка Иваньковского водохранилища: один на фарватере речного участка (створе д. Плоски); другой - на Шошинском плёсе, который можно рассматривать как большой залив с замедленным водообменом. За годовой период (июнь 2001 – май 2002) отбирались пробы придонной воды и донных отложений.

Необходимо отметить высокое содержание суммы подвижных соединений в твёрдой фазе ДО практически для всех изучаемых элементов. Характерно, что независимо от степени подвижности, по сезонам года происходит изменение соотношения форм микроэлементов в твёрдой фазе.

Из рассчитанных для изученных микроэлементов статистических характеристик следует, что наибольшей изменчивостью отличаются подвижные формы изученных микроэлементов. Обращает внимание очень низкие значения коэффициента вариации для малоподвижных (кристаллических) форм. Можно сделать вывод, что **именно изменение содержания ТМ в подвижных формах способствует изменению их валового содержания в ДО.**

Исследования, проведённые ИВП РАН на Куйбышевском водохранилище и позднее на других водохранилищах Волжского каскада, показали, что в пределах одного водохранилища и сезона соотношение различных форм существования элементов в твёрдой фазе ДО остаётся постоянным по всей площади водоёма и меняется только по сезонам. Поэтому для оценки масс ТМ, находящихся в разных формах в твёрдой фазе ДО в плёсах Иваньковского водохранилища, были использованы результаты исследований, проведённых на станциях Плоски и Шошинский плёс.

Полученные таким образом данные свидетельствуют, что масса подвижных форм в 10-см слое ДО на всех плёсах водохранилища достаточно велика, а закономерности распределения элементов по различным формам их существования по сезонам соответствуют закономерностям, выявленным на станциях наблюдения.

Необходимо подчеркнуть, что все подвижные формы могут участвовать в процессах массопереноса в системе "твёрдая фаза–поровый раствор–вода". Изменение масс элементов в 10-см слое ДО по сезонам характерно не только для ионообменных форм существования, но и для всех остальных подвижных форм.

Оценка изменения величины массы элементов, находящихся в ПР показала, что за всё время наблюдений произошло лишь незначительное изменение накопленной массы ТМ в поровом растворе (ПР), которое не идёт ни в какое сравнение с изменением массы элементов в твёрдой фазе. Это означает, что поровый раствор играет роль «миграционного» канала, по которому может происходить выход компонентов в водную массу.

При сработке водохранилища в зимний сезон имеет место разгрузка в его ложе подземных вод. При разгрузке подземных вод возможен вынос микроэлементов из порового раствора ДО конвективным перемешиванием, на которое накладывается молекулярный перенос. Оценка величины этого потока показала, что за месяц при максимальной скорости фильтрации за месяц будет профильтровано 130 свободных объемов поровой воды. Исходя из оценки возможного выноса сорбированных микрокомпонентов в трех подвижных формах с помощью равновесной модели сорбции, можно сделать вывод, что за счет фильтрации с максимальной скоростью на 15% площади дна будет десорбировано и вымыто только незначительная часть подвижных форм. Выполненные оценки показывают, что ни диффузионный вынос, ни фильтрация не могут быть единственными механизмами выноса микроэлементов в водную массу.

Расчёты, выполненные на основании экспериментальных данных по выносу и накоплению элементов в ДО Иваньковского водохранилища, показали, что Fe, Pb, Co накапливаются в ДО на всех плёсах водохранилища в формах, связанных со взвешенным веществом.

Такие элементы как Zn, Cu, Cr, Ni, Cd преимущественно выносятся из ДО в водную массу в виде растворённых соединений. Наиболее масштабный вынос наблюдается у Zn, Cr, Cu в Волжском и Иваньковском плёсах, отличающихся значительной проточностью.

Результаты работы позволяют оценить баланс накопления и убыли конкретного элемента в ДО по сезонам для каждого плёса Иваньковского водохранилища. Баланс позволяет оценить как самоочищающую способность ДО водохранилища, так и опасность вторичного загрязнения водных масс для каждого элемента при его выносе в воду. Также они могут быть использованы при прогнозировании качества вод Иваньковского водохранилища и при оценке долевого участия ДО в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водоёма.

По итогам работы можно сделать следующие основные **выводы**:

1. Исследования на станциях постоянного наблюдения в Волжском и Шошинском плёсе показали, что концентрация всех изучаемых элементов, в поровых растворах в 1,5-3 раза превышает их концентрации в придонной воде, поэтому диффузионный поток большинства микроэлементов во все сезоны направлен из донных отложений в придонные горизонты водной массы в обоих плёсах. При этом отмечается более высокое значение коэффициента вариации концентрации элементов в поровых растворах по сравнению с придонной водой. Для обеих станций характерно резкое снижение разности концентраций всех микроэлементов в мае, что связано со снижением концентраций в поровом растворе за начальный период половодья.

2. Исследования трех подвижных форм элементов в твёрдой фазе ДО (обменная, органические комплексы и связанные с гидроксидами железа и марганца) показали, что доля суммы этих форм велика по отношению к валовому содержанию. Установлено, что состав прочно связанных с твердой фазой микроэлементов достаточно стабилен, а состав и соотношение подвижных форм обладают высокой сезонной изменчивостью.

3. Установлено, что в настоящее время пространственно распределение ТМ в ДО стало более однородным, чем в 90-е годы. Расчёты накопленной массы основных микрокомпонентов в верхнем 10-сантиметровом слое ДО Иваньковского водохранилища показали, что эта масса максимальна в Иваньковском плёсе. Шошинский плёс, имеющий другую водосборную территорию и иной характер антропогенного воздействия, обладает наименьшим количеством накопленной массы. Суммарная масса элементов в поровом растворе составляет малую (до 2-3%) долю накопленной массы в твёрдой фазе ДО. Поэтому диффузионный поток из поровой воды в придонную мал по сравнению с потоком из подвижных форм твёрдой фазы. По объёму годового выноса потенциально опасными элементами на Волжском и Иваньковском плёсах остаются Zn, Cu, Cr, Ni, а на Шошинском плёсе – Mn, Zn, Ni, Cd.

УДК 631.5; 631.6

## **ПОЧВОЗАЩИТНАЯ ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ОРОШАЕМЫХ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

**В.А. Шадских, В.Е. Кижяева**

ФГНУ ВолжНИИГиМ, Энгельс, Россия

Обработка почвы является одним из важнейших элементов зональной системы орошаемого земледелия, когда на основе создания оптимальных агрофизических и агрохимических свойств пахотного слоя обеспечивается продуктивность пашни и экономия энергозатрат.

Опыты по влиянию способов обработки на водный режим каштановых орошаемых почв показали, что по ряду культур менее энергоёмкие плоскорезная и поверхностная обработка почвы обеспечивают накопление влаги, сопоставимое с традиционной отвальной вспашкой.

Применение для обработки почвы новых плоскорезующих орудий, рабочие органы которых идут под поверхностью почвы, не оборачивая её, создает опасность чрезмерного уплотнения обрабатываемого слоя. Однако проведенные нами исследования не подтверждают этих предположений.

По данным таблицы 1 видно изменение плотности почвы по глубине пахотного слоя и по способам обработки.

Как следует из полученных данных, в конце ротации звена севооборота обработка почвы без оборота пласта не ведёт к уплотнению её в пахотном горизонте. Плотность почвы находится в пределах оптимальных значений, как и при отвальной вспашке, то есть благоприятные условия для развития растений создаются и при обработке почвы без оборота пласта. Только при обработке почвы дисками происходит её уплотнение до  $1,37 \text{ г/см}^3$ .

Нами установлено, что при увеличении плотности почвы уменьшается водопроницаемость. Величину водопроницаемости следует отнести к одному из основных показателей водно-физических свойств почвы. Она определяет возможные размеры стока и запасы влаги.

Из таблицы 2 видно, что плоскорезная обработка способствует увеличению содержания агрономически ценных почвенных агрегатов в слое 0-30 см. Это обусловило более высокую водопроницаемость на безотвальной обработке к концу ротации (105,0–115,0 мм/час) по сравнению с отвальной вспашкой (92,0–101,0 мм/час) и дискованием (85,0–87,0 мм/час). Конечные показатели плотности почвы изменились на отвальной вспашке и плоскорезной обработке незначительно, а на дисковании эти показатели ухудшились.

Таблица 1 – Динамика плотности почвы в звене орошаемого зерно-кормового севооборота за 1999-2001 гг., г/см<sup>3</sup>

Варианты опыта	Горизонты, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	
		исходная величина	конечная величина
Вика + овёс			
Дискование, 12-14 см	0-10	1,12	1,16
	10-20	1,10	1,27
	20-30	1,19	1,37
Отвальная вспашка, 25-27 см	0-10	1,08	1,15
	10-20	1,12	1,20
	20-30	1,17	1,37
Плоскорезная обработка, 25-27 см	0-10	1,03	1,17
	10-20	1,15	1,19
	20-30	1,16	1,31
Озимая пшеница			
Отвальная вспашка, 18-20 см	0-10	1,15	1,17
	10-20	1,06	1,19
	20-30	1,19	1,39
Плоскорезная обработка, 18-20 см	0-10	1,10	1,15
	10-20	1,09	1,24
	20-30	1,13	1,31
Кукуруза на силос			
Отвальная вспашка, 25-27 см	0-10	0,87	1,10
	10-20	1,09	1,14
	20-30	0,97	1,11
Плоскорезная обработка, 25-27 см	0-10	1,06	1,12
	10-20	1,21	1,07
	20-30	1,23	1,27

Каштановые почвы Заволжья содержат недостаточно органического вещества, поэтому они имеют весьма непрочную структуру.

Наряду с плотностью, важной агрофизической характеристикой является сумма водопрочных и агрономически ценных агрегатов, которые обеспечивают структурность, активную порозность, влагопроницаемость и влагоёмкость почвы. Технология выращивания сельскохозяйственных культур предусматривает многократные механические обработки почвы, проводимые тяжёлыми сельхозмашинами, которые приводят к распылению почвы, снижению количества агрономически ценных агрегатов, особенно в условиях орошения. По степени распылённости пахотный слой неоднороден. Наибольшие потери структуры наблюдаются в верхнем слое 0 – 10 см, нижние слои (10 – 20 и 20 – 30 см) менее подвержены воздействию сельхозмашин и температурным колебаниям. Уменьшение механической нагрузки на почву при плоскорезной обработке

способствует более высокому содержанию водопрочных агрегатов по сравнению с отвальной вспашкой (табл. 3).

Таблица 2 - Агрофизические показатели пахотного слоя при различных способах основной обработки почвы (слой 0-30 см) за 1999-2001 гг.

Варианты опыта	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Содержание агрономически ценных агрегатов, % *		Водопроницаемость (в первый час), мм/час	
	исходная величина	конечная величина	исходная величина	конечная величина	исходная величина	конечная величина
Дискование, 12-14 см	1,20–1,27	1,22–1,29	$\frac{43,9-46,5}{22,2}$	$\frac{42,0-45,6}{28,0}$	90,0–95,0	85,0–87,0
Отвальная вспашка, 25-27 см	1,08–1,17	1,10–1,11	$\frac{42,4-50,7}{21,4}$	$\frac{46,2-50,7}{23,6}$	90,0–100,0	92,0–101,0
Плоскорезная обработка, 25-27 см	1,03–1,16	1,12–1,27	$\frac{46,3-54,0}{23,1}$	$\frac{45,2-56,0}{24,0}$	100,0–120,0	105,0–115,0

Примечание: \* в числителе – сухой рассев, в знаменателе - мокрый рассев по Саввинову.

Таблица 3 - Влияние способов основной обработки почвы на содержание агрономически ценных и водопрочных почвенных агрегатов, ОПХ «ВолжНИИГиМ», 1999-201 гг.

Варианты опыта	Горизонты, см	Содержание агрономически ценных агрегатов, %		Содержание водопрочных агрегатов, %	
		исходная величина	конечная величина	исходная величина	конечная величина
Дискование, 12-14 см	0 - 10	43,9	42,0	23,9	19,6
	10 - 20	45,3	43,0	25,3	19,7
	20 - 30	46,5	45,6	25,5	18,8
Отвальная вспашка, 25-27 см	0 - 10	42,4	46,7	23,4	16,8
	10 - 20	49,0	46,2	25,0	20,0
	20 - 30	50,7	50,7	16,7	18,3
Плоскорезная обработка, 25-27 см	0 - 10	46,3	45,2	26,3	19,2
	10 - 20	50,3	54,4	27,3	24,6
	20 - 30	54,0	56,0	24,0	26,5



При ежегодной (в течение трёх лет) плоскорезной обработке и дисковании в верхнем слое (0-10 см) количество агрономически ценных агрегатов уменьшилось по сравнению с исходными величинами и находилось ниже порога ветроустойчивости (45,2 и 42,0 %), а в слоях 10-20 и 20-30 см данные свидетельствуют о приоритетной роли плоскорезной обработки по сравнению с отвальной вспашкой и дискованием.

К концу ротации звеньев севооборота под влиянием длительной отвальной вспашки произошло перераспределение слоёв почвы, в результате чего изменилось процентное содержание агрономически ценных агрегатов. При обработке почвы отвальным плугом на поверхность извлекаются более крупные фракции, под воздействием ежегодных поверхностных обработок (боронование, дискование) большая часть их разрушается, но к концу ротации содержание агрономически ценных агрегатов в верхнем слое несколько увеличивается.

При обработке почвы плоскорезными орудиями крупные фракции в местах прохода стоек рабочих органов поднимаются из нижележащих горизонтов на поверхность. Кроме того, при плоскорезной обработке ряд операций, способствующих разрушению почвенных агрегатов, совмещаются в одну. Содержание агрономически ценных агрегатов при длительной обработке на 25-27 см в слое 10-20 см увеличилось незначительно, всего на 4,1 % к концу ротации. Ежегодная плоскорезная обработка ведёт к распылению верхнего слоя и к концу ротации звена севооборота содержание агрономически ценных агрегатов в горизонте 0-10 см уменьшилось на 1,1%.

Следует отметить, что важным фактором, определяющим сложение почвы, является водопрочная структура и её устойчивость во времени. Поэтому важно проследить, как складывается процесс формирования водопрочных агрегатов на фоне различных способов основной обработки почвы при орошении. Результаты таблицы 3 показывают, что в верхних слоях почвы имеет место тенденция снижения суммы водопрочных агрегатов, а в нижних слоях происходит их увеличение, особенно это заметно на плоскорезной обработке почв. К концу ротации севооборота на плоскорезной обработке в слое 20–30 см их содержалось 26,5 %, а на отвальной вспашке – 18,3 %, на дисковании в кормовом севообороте их стало 18,8 %.

Интегральные показатели эффективности изучаемых агротехнических мероприятий является урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте. Результаты изучения влияния способа основной обработки почвы на водопотребление и процесс формирования урожая кормовых культур в звене севооборота приведены в таблице 4.

Наибольший расход подаваемой воды при формировании урожая зелёной массы кормосмеси отмечается на мелкой обработке почвы - дисковании на глубину 12–14 см. Здесь отмечено ухудшение сложения пахотного слоя, увеличение плотности почвы и, как следствие, развитие эрозионных процессов, способ-

ствующим снижению эффективности использования оросительной воды. Наименьший расход поливной воды на формирование урожая озимой пшеницы отмечено на плоскорезной обработке – 36,2 м<sup>3</sup>/ц, несколько больше на отвальной вспашке - 38,7 м<sup>3</sup>/ц. На посевах кукурузы расход оросительной воды на создание урожая был небольшим без существенной разницы по способам основной обработки почвы.

Таблица 4 - Показатели эффективности использования оросительной воды на урожай сельскохозяйственных культур в звене севооборотов при различных способах основной обработки почвы (ОПХ «ВолжНИИГиМ»)

Варианты опыта	Режим орошения, % НВ	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, ц/га	Расход оросительной воды на единицу продукции, м <sup>3</sup> /ц
<b>Зерно-кормовой севооборот</b>					
<b>Вика + овёс (Минеральные удобрения N<sub>110</sub> P<sub>80</sub> K<sub>50</sub>)</b>					
Дискование, 12 – 14 см	70-80-70	450	1800	327,0	5,5
Отвальная вспашка, 25 – 27 см				375,0	4,8
Плоскорезная обработка, 25 – 27 см				369,0	4,9
<b>Озимая пшеница (Минеральные удобрения N<sub>70</sub> P<sub>80</sub> K<sub>60</sub> + N<sub>50</sub> весной в подкормку)</b>					
Отвальная вспашка, 18 – 20 см	70-70-60	400	1300	33,6	38,7
Плоскорезная обработка, 18 – 20 см				35,9	36,2
<b>Кукуруза на силос (Минеральные удобрения N<sub>120</sub> P<sub>90</sub> K<sub>60</sub>)</b>					
Отвальная вспашка, 25 – 27 см	70-80-60	500	2200	419,0	5,3
Плоскорезная обработка, 25 – 27 см				410,0	5,4

Следовательно, применение рекомендуемого режима орошения и минерального питания на отвальной вспашке и плоскорезной обработке ведёт к водосбережению, рациональному использованию водных ресурсов, создавая благоприятную экологическую и мелиоративную обстановку на орошаемом поле.

Анализ данных таблицы 4 показывает перспективность применения плоскорезной обработки при выращивании кормовых культур. Урожай на плоскорезной обработке выше при практически одинаковом расходе поливной воды на единицу продукции.

Таким образом, замена отвальной вспашки в зерно-кормовом звене севооборота на плоскорезную обработку, не влияя на величину урожая, обеспечивает значительное снижение энергозатрат на обработку почвы, благоприятно влияет на агрофизические показатели, т.е. на плодородие почвы и в целом снижает себестоимость продукции. Обработка зяби плоскорезами по стерне способствует большему накоплению снега, следовательно, почва промерзает на меньшую глубину, быстрее оттаивает весной и лучше впитывает влагу за счёт более высокой водопроницаемости. Плоскорезная обработка положительно влияет на пищевой режим почвы, особенно в верхнем 0 – 10 см слое.

Многолетнее изучение влияния способа основной обработки на урожайность и плодородие орошаемых почв сухостепного Заволжья свидетельствует об эффективности широкого применения плоскорезной обработки почвы в зерно-кормовых севооборотах в сочетании с глубокой отвальной вспашкой после пропашных культур.

## ***НАДЕЖНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА***

УДК 627.42

### **ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗАВАРИЙНОГО ПРОПУСКА ПАВОДКОВЫХ ВОД РЕКИ АКСАЙ ЧЕРЕЗ АКСАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

**Д.С. Айдамиров**

ФГУ «Министерство мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения РД», Махачкала, Республика Дагестан, Россия;

**Х.А. Алиханов**

ФГУ «Минмелиоводхоз РД», Махачкала, Республика Дагестан, Россия

Река Аксай берет свое начало в горах Большого Кавказа с северных склонов Андийского хребта. Длина реки составляет 93,0 км<sup>2</sup>, расход 8,2 м<sup>3</sup>/с, площадь бассейна 895,0 км<sup>2</sup>. В нижнем течении происходит слияние с р. Ямансу.

Водный режим реки Аксай характеризуется дождевыми летними паводками с максимальными расходами:

5% обеспеченности (расчетным)  $Q_{5\%} = 382 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

1% обеспеченности (поверочного)  $Q_1 \% = 638 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Среднегодовой расход обеспеченности 50% составляет  $6,94 \text{ м}^3/\text{с}$ , средне-многолетний объем стока  $218 \text{ млн. м}^3$ .

При высоких паводках мутность реки Аксай может граничить с мутностью селевых потоков (максимально наблюдаемая мутность- $106 \text{ кг/м}^3$ ) среднегодовой объем твердого стока  $1280 \text{ тыс. м}^3$ .

В паводковый период река Аксай с притоком Ямансу затопливали большие территории сельхозугодий низменной части Республики Дагестан, объекты жизнеобеспечения и населенные пункты, принося огромный ущерб народному хозяйству и населению.

Для регулирования стока реки Аксай с целью защиты территорий и населения низменной части Республики Дагестан (Хасавюртовская, Бабаюртовская зона) в 1966 году было запроектировано и создано противопаводковое водохранилище (Аксайское водохранилище).

В водохранилище должны были аккумулироваться, а затем сбрасываться следующие объемы: при паводке 5% обеспеченности –  $V=61,2 \text{ млн. м}^3$  (полезный- $26,2 \text{ млн. м}^3$ ), при паводке 1% обеспеченности- $V=81,4 \text{ млн. м}^3$  (полезный- $46,4 \text{ млн. м}^3$ ).

Район расположения Аксайского водохранилища находится в центральной части Терско-Сулакской низменности и орографическом отношении представляет естественную низину, вытянувшуюся в направлении с запада на восток, в 14 км на СЗ от селения Чагар-Отар Хасавюртовского района (рис. 1). Территория размещения сооружений может быть охарактеризована как равнинная, со спокойным микрорельефом, изрезанным сетью каналов.

В состав водохранилищного узла входят следующие сооружения:

- дамба обвалования р. Аксай;
- подводящий канал из р. Аксай в водохранилище;
- дамба обвалования водохранилища;
- водосброс в Аксайский сбросной тракт;
- рыбохозяйственный водовыпуск.

Водоохранилище при проектировании, согласно нормативных документов, отнесено к IV классу капитальности. Проектные параметры водохранилища приведены в таблице 1.

Тип водохранилища – русловое сезонного регулирования на реке Аксай, максимальный наблюдательный расход -  $394 \text{ м}^3/\text{с}$ .

расчетные максимальные расходы:

обеспеченностью 5% (основной случай) -  $382 \text{ м}^3/\text{с}$  (НПУ);

обеспеченностью 1% (поверочный) –  $638 \text{ м}^3/\text{с}$  (ФПУ).

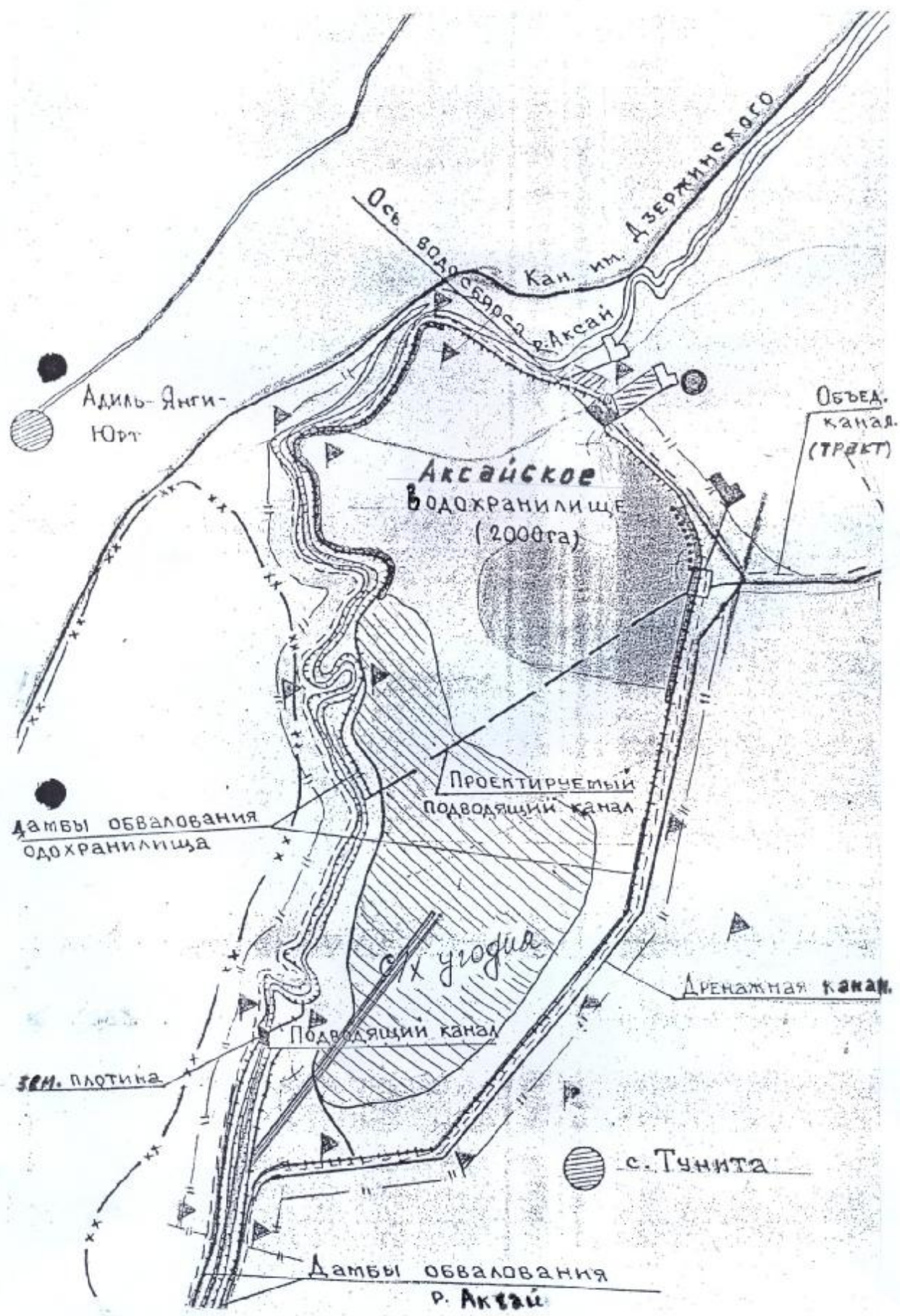


Рисунок 1 - Район расположения Аксайского водохранилища

Таблица 1 - Проектные параметры Аксайского водохранилища

Длина, км	Ширина макс., м	Глубина на макс., м	Площадь зеркала, га при		Объем млн. м <sup>3</sup>		Отметки уровней воды, м		
			НПУ	ФПУ	Полн.	Полезн.	НПУ	ФПУ	УМО
7,5	3	6	1700	2000	При НПУ 61,2	26,2	10,6	11,4	9,0
					При ФГУ 81,4	46,4			

Водохранилище образовано дамбами обвалования. Дамбы обвалования – земляные, насыпные, сопрягаются с дамбами обвалования реки Аксай.

Длина западной дамбы  $L=11050$  м;

Длина восточной дамбы  $L=10260$  м;

Максимальная высота дамб 7,4 м;

Максимальный напор – 6 м;

Заложение верхнего откоса – пораженное  $m = 9:13$ ;

Заложение выше уровня 5% обеспеченности –  $m=3$ ;

Ширина по гребню – 4,5 м;

Материал тела дамбы – суглинки;

Водовыпуск рыбохозяйственный – донный трубчатый с затворами, расход максимальный  $Q = 3\text{ м}^3/\text{с}$ ;

Водосброс – открытый из монолитного ж/бетона: ширина – 10 м; отметка порога – 9,0; затворы сегментные.

Площадь зеркала водохранилища при расчетном максимальном паводковом горизонте обеспеченностью 5%, составляет около 1900 га, а при поверочном (катастрофическом) максимальном паводковом горизонте, обеспеченностью 1%, - около 2000 га. Емкость водохранилища при указанных горизонтах будет соответственно 61,2 млн. м<sup>3</sup> и 81,4 млн. м<sup>3</sup>, в том числе мертвый объем водохранилища принят в размере 35 млн. м<sup>3</sup>, уровень м/объема 9,0 м<sup>3</sup> из расчета заиления его в течение 25 лет.

Дамбы обвалования водохранилища длиной 21,76 км и максимальной высотой 7,5 м сопрягаются своими концами с левобережной и правобережной дамбами обвалования р. Аксай, образуя вместе с ними замкнутый контур.

Общий объем дамб составляет 1838,3 тыс. м<sup>3</sup>.

Дамбы устраиваются из суглинков, залегающих в чаше водохранилища. Дренажный канал вдоль дамбы обвалования проектируется для защиты земель, прилегающих к водохранилищу, от заболачивания. Длина канала 6,4 км. Ширина по дну 1 м с уклоном 0,0006.

Проектная способность водосброса 33,2 м<sup>3</sup>/с при паводке 5% обеспеченности и 78,8 м<sup>3</sup>/с при паводке 1% обеспеченности.



Водоохранилище сдано в эксплуатацию 1966 году и эксплуатируется 41 год. За этот период водоохранилище заилилось в объеме 52,5 млн. м<sup>3</sup>

Следовательно, от проектной емкости водоохранилища 81,4 млн. м<sup>3</sup> осталось 81,4 - 52,5=28,9 млн. м<sup>3</sup>.

Из 2000 га хозяйству с. Тукита Хасавюртовского района передано 500 га. Следовательно, объем водоохранилища уменьшился на  $\frac{1}{4}$  - 7,2 млн. м<sup>3</sup>.

На сегодняшний день мы можем рассчитывать на 28,9-7,2=21,7 млн. м<sup>3</sup> от первоначальных 81,4 млн. м<sup>3</sup>.

Или после наращивания бортов на 1м - где-то на 25 млн. м<sup>3</sup>.

Отметки ложа водоохранилища за счет отложения наносов р. Аксай поднялись и в настоящее время на 6-7 м выше отметок прилегающих земель. Дамбы обвалования были выполнены в соответствии с проектной документацией, отметка гребня дамб – 12 м, возвышение гребня над уровнем паводка – 1% обеспеченности составляло 0,6 м, над НПУ (10,6 м)-1,4 м.

Постоянно за счет эксплуатационных средств производилось наращивание дамб обвалования, что и продлевало срок эксплуатации сооружения, но современное возвышение гребня дамб составляет в некоторых местах 0,3 м, а это значительно меньше проектного.

Вследствие всех этих факторов, даже при прохождении меженных расходов, происходят многочисленные прорывы оградительных валов и затопление с/угодий Бабаюртовского, Хасавюртовского, Гумбетовского и Ахвахского районов республики.

В случае прохождения паводков с расходами 50 м<sup>3</sup>/с создается реальная угроза прорыва дамб водоохранилища с последующим затоплением прилегающих населенных пунктов.

На основании сопоставления фактической и необходимой противопаводковой емкости водоохранилища обоснованно можно сделать заключение, что Аксайское водоохранилище на сегодняшний день не может выполнять основную свою задачу по регулированию паводка на р. Аксай.

С учетом вышеизложенного, необходимо выполнение следующего комплекса первоочередных противопаводковых мероприятий:

1. Усилить оградительные валы р. Аксай качественной насыпью с поднятием гребня вала в среднем на 1 м на участке от с. Чагар-Отар до границы водоохранилища;
2. Устроить прокопа (подводящий канал) по ложу водоохранилища до головного сбросного сооружения;
3. Ликвидировать прораны и укрепить западный вал водоохранилища;
4. Расчистить Аксай – Акташский сбросной тракт (43 км).

Все вышеперечисленные мероприятия могут обеспечить безаварийный пропуск паводковых вод р. Аксай при расходах не более 100 м<sup>3</sup>/с по современ-

ному техническому состоянию водохранилища и головного сбросного сооружения при нем.

Учитывая, что по данным Даггидрометцентра в последние годы по реке Аксай проходили паводки с расходами более 100 м<sup>3</sup>/с: 1974 год – 423 м<sup>3</sup>/с; 1977 год – 680 м<sup>3</sup>/с; 1990 год – 129 м<sup>3</sup>/с; 2002 год – 348 м<sup>3</sup>/с; 2005 год – 232 м<sup>3</sup>/с; 2006 год – 126 м<sup>3</sup>/с, необходимо строительство нового противопаводкового водохранилища.

Следует признать обоснованными следующие рекомендации по безопасному использованию объекта до строительства нового противопаводкового водохранилища и получения предписания органа государственного надзора на его ликвидацию:

- проводить систематические наблюдения за уровнем воды в водохранилище, за состоянием дамб обвалования;
- организовывать круглосуточные дежурства при прохождении паводков с привлечением при необходимости служб МЧС.
- составить и согласовать с органами ГО и ЧС план по локализации и ликвидации аварийных ситуаций, довести его до эксплуатационного персонала;
- увеличить штат службы эксплуатации;
- поддерживать локальную систему оповещения в рабочем состоянии;
- создать запас необходимых строительных материалов, инструментов и механизмов.

УДК 631.6:626/627

## **ФАКТОРЫ, СНИЖАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**М.Р. Бакиев, Е.И. Кириллова, Б.С. Мирзабеков**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Современное состояние ирригационных систем во многом зависит от надежности гидротехнических сооружений, входящих в их состав. Сотрудниками кафедры «Гидротехнические сооружения и инженерные конструкции» с 2001 по 2006 годы проводились натурные обследования Угамской ирригационной системы, расположенной в Ташкентской области, которая была построена в 1983 году.

В результате обследования гидротехнических сооружений и водозаборного гидроузла выявлены следующие деформации и повреждения [1]:

- верхний бьеф гидроузла и водозаборное сооружение полностью заилены донными наносами;
- оголовки водозаборного сооружения и аварийного сброса разрушены и требует реконструкции;



- необходимый уровень воды перед водозаборным сооружением создавался с помощью барража, который полностью разрушен и забор воды в канал Угам осуществляется за счет шпоры отсыпанной из донных наносов;

- механическое оборудование на водозаборном сооружении и аварийном сбросе вышло из строя требует полной замены;

- произошло разрушение откосов в верхнем и нижнем бьефах гидроузла;

- вдоль канала от ПК 0+00 до ПК 6+00 полностью отсутствует дорога и проезда к водозаборному узлу нет;

- от ПК 2+50 до ПК 3+30 – бетонная облицовка находится в удовлетворительном состоянии за исключением отдельных участков;

- более половины трассы канала засыпано галькой и валунами диаметром до 1 м, которые скатываются со склонов;

- входные оголовки дюкеров и водовыпусков заилены и доверху забросаны мусором;

- снижена пропускная способность водовыпусков и дюкеров, из-за этого происходит перелив воды из канала, что вызвало размыв бермы канала и подмыв оголовков;

многие оголовки водовыпусков и дюкеров разрушены;

- у 5 дюкеров входные оголовки подмыты и висят на трубах;

- механическое оборудование у многих водовыпусков вышло из строя, и требует полной замены.

Оценка надежности ирригационной системы является сложной задачей из-за большого количества факторов влияющих на состояние гидротехнических сооружений расположенных на ней. Все эти факторы носят, как правило, изменчивый, случайный характер.

Ирригационная система является сложной технической системой, состоящих из ряда взаимосвязанных элементов (водозаборного сооружения, водосбросной плотины, канала, дюкеров, водовыпусков и т.п.), нарушение функционирования которых приводит к повреждениям этой системы.

Основными причинами аварийности ирригационных систем, на наш взгляд являются: технический отказ водозаборного гидроузла и межхозяйственного канала (рис. 1).



Рисунок 1 - Основные виды аварий ирригационной системы

Технический отказ водозаборного гидроузла и межхозяйственного канала в большей степени зависят от следующих факторов:

- ошибки проектирования, заключающиеся в использовании стандартных решений без учета индивидуальных особенностей сооружения и природно-климатических условий;
- ведение строительных работ с отступлением от проекта;
- ошибки в нарушении режима эксплуатации водозаборного гидроузла и межхозяйственного канала;
- стихийные бедствия (паводки и сель).

Опыт эксплуатации различных ирригационных систем показывает, что основными видами аварий водозаборного гидроузла могут служить (рис. 2):

- выход из строя водозаборного сооружения;
- невыполнение своих функций регулятором-сбросом;
- авария водосливной плотины (барража).

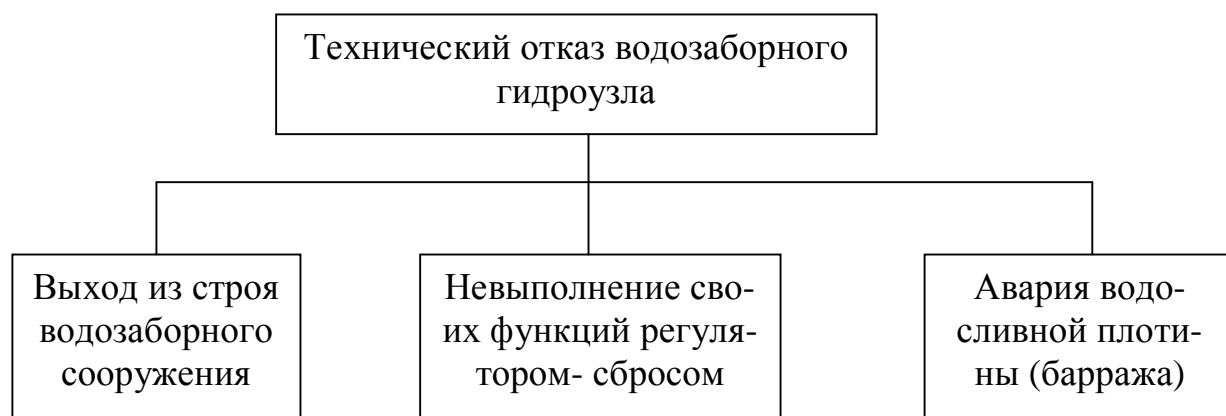


Рисунок 2 - Основные виды аварий водозаборного гидроузла

А основными видами аварий межхозяйственного канала могут быть (рис.3):

- нарушение прочности и устойчивости откосов;
- авария гидротехнических сооружений на канале;
- уменьшение пропускной способности;
- перелив воды через бровку канала.

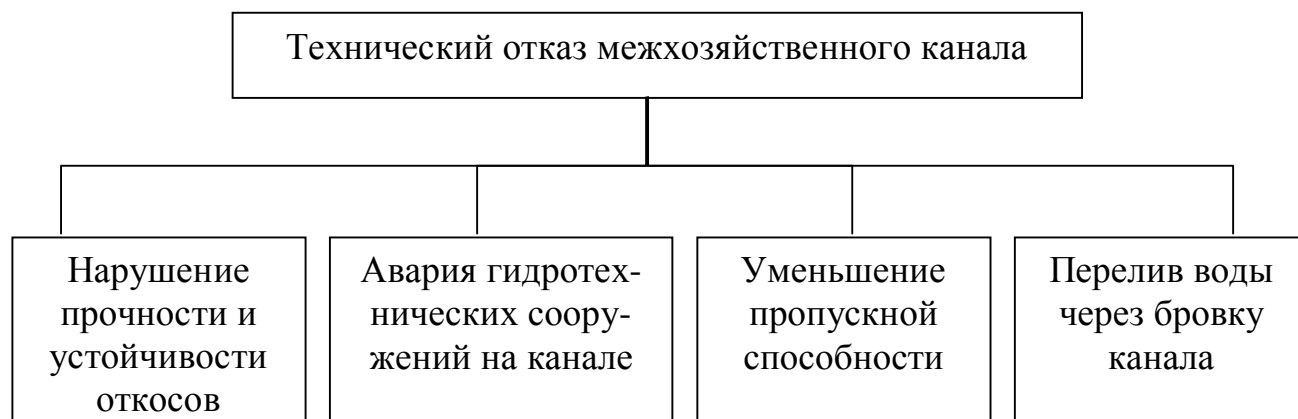


Рисунок 3 - Основные виды аварий межхозяйственного канала

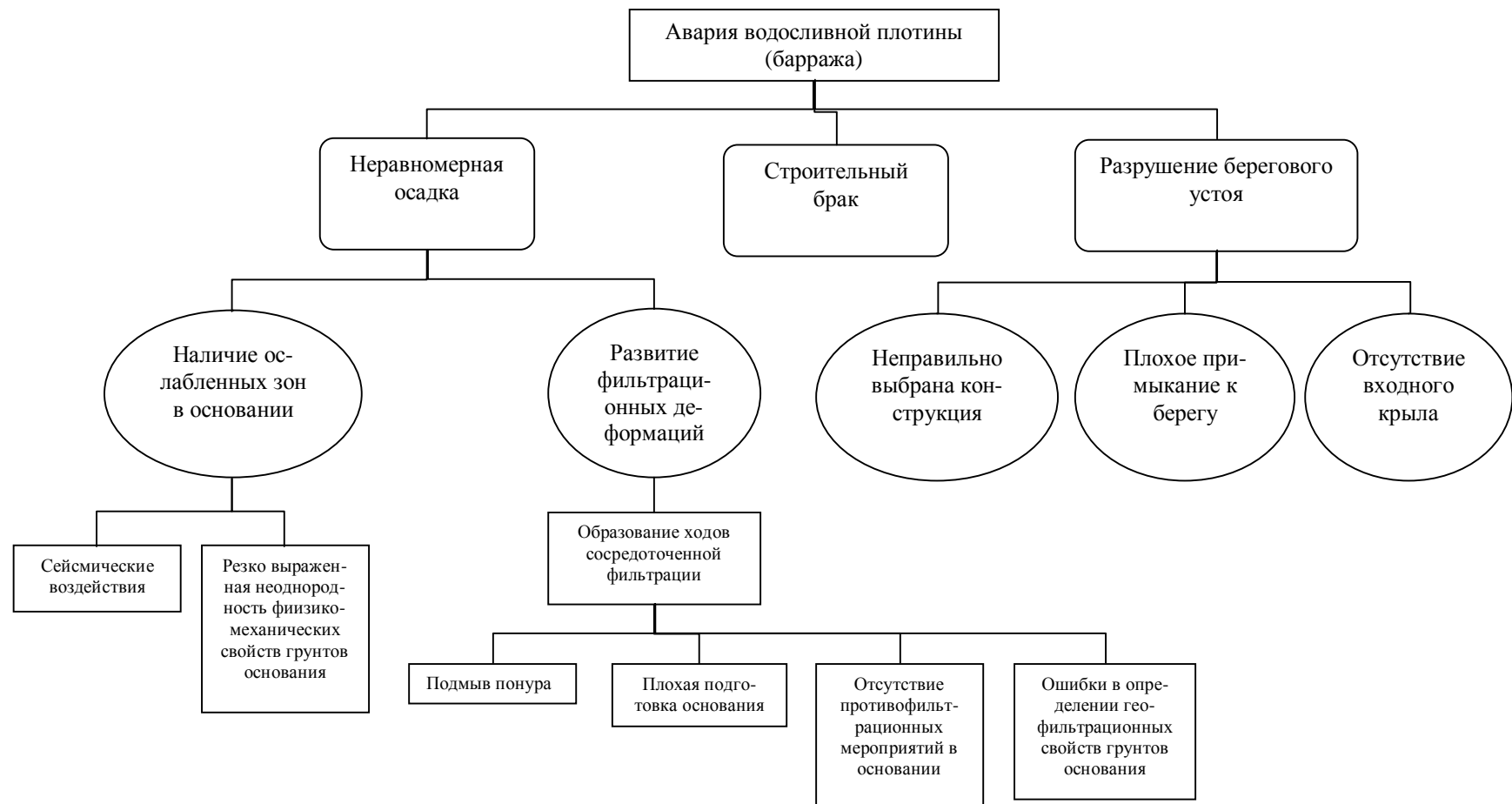


Рисунок 4 - Дерево отказов водосливной плотины (барража)

Зная сценарии аварийного состояния ирригационной системы, в целом, необходимо построить деревья отказов и неисправностей для гидротехнических сооружений входящих в водозаборный гидроузел, а также для межхозяйственного канала и сооружений на нем.

На основании дерева отказов и неисправностей, отображающих соответствующим образом логико-вероятностные отношения между исходными отказами и причинами их возникновения, позволить выявить факторы, снижающие надежность гидротехнических сооружений ирригационных систем. Рассмотрим построение дерева отказов и неисправностей, на примере аварии водосливной плотины (рис. 4).

Отсюда видно, что факторами, изначально снижающими надежность водосливной плотины (барража) являются:

- ошибки в определении физико-механических свойств грунтов основания;
- плохая подготовка и отсутствие противофильтрационных мероприятий в основании;
- неверные конструктивные решения;
- несоблюдения технологии производственных работ;
- сейсмические и гидрологические воздействия.

Таким образом, проанализировав все факторы, снижающие надежность гидротехнических сооружений ирригационных систем, их можно сформировать в следующие группы:

- природные факторы;
- проектно-изыскательские факторы;
- строительно-технологические факторы;
- эксплуатационно-технологические факторы.

#### **Литература**

1. Кириллова Е.И., Хасан-Ходжаев Р.А., Полейко И. Некоторые результаты натурных исследований гидротехнических сооружений на каналах. Труды, ТИИМСХ 2002.

УДК 631.67+62.501.72

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИНАХ ДЛЯ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ**

**В.Н. Басс, В.С. Пунинский**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Решающим условием полноценного использования парка мелиоративных, транспортных, водохозяйственных и строительных машин является его рациональное формирование. Для определения потребности в средствах механизации мелиоративных работ в настоящее время применяются в основном укрупнен-

ные, приближенные методы, не позволяющие получить обоснованную типоразмерную структуру парка машин. Разработка методики расчета потребности техники для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ и по сбору данных о наличии парка машин и механизмов, находящихся на балансе региональных мелиоративных организаций Министерства сельского хозяйства РФ является актуальной задачей.

Методика расчета потребности техники для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ позволит создать предпосылки для разработки нормативов потребности техники, что даст возможность эффективно и с минимальными затратами проводить мероприятия по проведению ремонтно-эксплуатационных работ и определять потребность мелиоративных и водохозяйственных организаций в бюджетном финансировании в части затрат на технику.

Создание методики поможет определять потребность в машинах по основным технологическим процессам, применяющихся при проведении ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах и сооружениях, что значительно повысит эффективность соответствующих мероприятий.

Нормативы потребности техники найдут применение при эксплуатации объектов мелиоративных систем федеральной собственности, как оросительных, так и осушительных во всех субъектах Российской Федерации.

Формирование парка машин в мелиоративных организациях основано на функционировании сложной, многоуровневой системы с большим количеством внутренних и внешних связей. Эксплуатация парка машин, как и любая управленческая деятельность, требует наличия и систематизации фактов, их обработки, интерпретации и обобщения, постоянного и последовательного сбора информации. Она может быть получена объединением разнообразных данных, имеющих вид количественных или словесных описаний состояния машин, представленных в виде массивов, цифр, текстов, сроков и величин износа. Анализ этих данных, ориентированный на принятие решений, их оптимизацию, требует создания специализированного комплекса технических и программных средств, обеспечивающих управление данными.

По результатам предлагаемых научно-методических подходов к расчёту данных о потребности и наличии парка машин и механизмов, находящихся на балансе региональных мелиоративных организаций ожидаемый эффект от освоения разработки выражается:

- в оптимизации сроков контроля за рабочим состоянием мелиоративных машин и механизмов;
- в оперативном согласовании вопросов о модернизации парка машин и механизмов в определенных регионах РФ.

Методической основой исследований является: анализ и оценка ранее накопленных данных, фундаментальных исследований, существующих фондовых

материалов, синтез имеющегося опыта по разработке информационных технологий в стране и в отрасли.

Основным регламентирующим документом для определения состава машинного парка при проведении ремонтно-эксплуатационных работ являются «Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г.» - М.: ФНГУ «Росинформагротех».

В зависимости от способов организации и производства работ, применяемых средств механизации, структуры производимых работ и других условий для одного и того же мелиоративного, строительного процесса может быть составлено несколько вариантов экономико-математических моделей.

Параметры и эффективность отдельной машины или технического, технологического модуля или технологического комплекса машин (ТКМ) для определённого производственного процесса нельзя рассматривать отдельно от конкретных условий природно-сельскохозяйственной зоны и входящих в неё территориально-экономических зон. То, что в одних условиях будет целесообразно и эффективно и может считаться типовым и оптимальным комплексом, в других условиях на иных категориях агроландшафтов даже одной зоны может быть убыточным. Механизмы для выполнения работ заданного технологического процесса можно выбирать:

- из ряда машин, рекомендуемых “Федеральными регистрами базовых и зональных технологий и машин ...”, т.е. без учета их наличия в парке;

- из состава имеющихся в парке машин или арендуемых в сервисных хозяйствах, предназначенных для выполнения данного вида работ.

Рациональные технические модули для зональной адаптации технологий проведения мелиоративных работ подбираются по типовым технологическим модулям, рекомендуемым “Федеральными регистрами базовых и зональных технологий и машин ...”, исходя из базовых ТКМ.

Оптимальной потребностью считается такая потребность в технике, которая обеспечивает выполнение всех работ в установленные сроки с наименьшим количеством заданных по маркам машин.

Для того, чтобы приступить к сбору исходных данных, в каждой природно-сельскохозяйственной зоне выделяются из объектов федеральных округов РФ объекты-представители, которые являются наиболее типичными для большинства природно-сельскохозяйственных провинций. Работа по определению объектов-представителей выполняется Зональными НИИ и региональными проектно-изыскательскими организациями.

Объекты-представители могут быть выбраны из числа тех, объём ремонтно-эксплуатационных работ которых составляет не менее 70% общего объёма работ в денежном выражении. Остальные 30% и менее могут составлять сервисные работы на мелиорированных землях, промышленное строительство,

коммунальные услуги, ремонт техники и инфраструктуры сельских населенных пунктов.

Объекты-представители должны иметь все виды ремонтно-эксплуатационных работ ОМФ, характерные для природно-сельскохозяйственных провинций зоны, со стоимостью их ОМФ не ниже, чем 1 миллион рублей.

Подготовка информации к расчетам потребности техники состоит из четырех блоков.

**Блок А** – представляет собой порядок отбора объектов-представителей, которые выделяются из объектов федеральных округов РФ в количестве не менее трех на каждый округ с учетом особенностей природно-климатических зон, структуры, параметров основных мелиоративных фондов и объемов типовых видов работ в физических измерителях.

**Блок Б** – представляет собой формирование форм для хранения исходной информации на магнитносносителях (CD-RW:700MB) персонального компьютера с микропроцессором не ниже Pentium IV и оперативной памятью не менее 502 Мб, доступом в отраслевую (глобальную) сеть, а также ввод данных в формы.

**Блок В** – представляет собой определение усредненных объемов работ объектов-представителей, которые суммируются по категориям (типоразмерам) основного мелиоративного фонда с учетом конструктивных параметров, всех технологических операций каждого вида механизированных работ, а также выявление удельного веса вида работ и ранжирование их очередности по участкам категорий ОМФ.

**Блок Г** – представляет собой определение повторности операций, агросроков их проведения и возможности переброски техники на другие операции в технологические окна; соотношение каждой марки машин к объему работ с определением их количества; перевод количества технических средств, приходящееся на общую стоимость категории основных мелиоративных фондов (ОМФ), к количеству машин, приходящемуся на 1 миллион рублей ОМФ; суммирование машин всех марок с уточнением их количественной доли в парке.

При расчете норматива потребности техники для ремонтно-эксплуатационных работ на 1 миллион рублей ОМФ на длительный предстоящий период должно быть учтено дисконтирование стоимости ОМФ.

В случаях, когда операции входят в единый технологический процесс, потребность в технике определяется самостоятельно, но на тот рабочий объем, который выполнялся ведущими машинами.

Объем ремонтно-монтажных работ определяется по массе смонтированных конструкций и оборудования в тоннах, а земляных в м<sup>3</sup> перемещенного грунта.

Нормативы потребности техники на 1 миллион рублей ОМФ определяется в штуках машин с точностью до сотых долей.

Среднегодовая нормативная потребность в мелиоративной технике для выполнения работ на I млн. руб. стоимости ОМФ при наличии исходных дан-

ных об удельных объемах работ в физических измерителях, удельных нормативов ежегодных эксплуатационных затрат на ОМФ, удельном весе способа производства работ в общем объеме данного вида работ, стоимости работ на I единицу физического измерения мелиоративной системы определяется по следующей формуле:

$$M = \frac{Q \cdot K_Q \cdot Y}{W \cdot K_W \cdot Ц \cdot K_{Ц}}$$

где Q – объем данного вида работы на I единицу физического измерения (в м<sup>3</sup>/км, т, пг км, м<sup>3</sup>), подлежащий выполнению в течение года;

K<sub>Q</sub> – коэффициент лимита объёма работ по удельным нормативам ежегодных эксплуатационных затрат на ОМФ, учитывающий изменение объема работ на I единицу физического измерения (м<sup>3</sup>, т, п.м. и т.д.);

Y – удельный вес объема работ, выполняемого данным видом машин, в общем объеме соответствующего вида работ;

W – средняя годовая выработка машины в ед. физического измерения;

Ц – средняя стоимость работ в млн. руб.;

K<sub>Ц</sub> — дисконтный коэффициент, учитывающий изменение стоимости работ на I единицу физического измерения;

K<sub>W</sub>- коэффициент, учитывающий изменение годовой выработки данного вида машин.

Стоимость работ на 1 объем в единицах физического измерителя для каждого объекта представителя принимается по фактическим затратам.

Исходная информация вводится в базу данных (БД) электронных таблиц, форм, обрабатывается (ранжируется, сортируется, выбирается для расчетов, определяется значение удельных показателей и промежуточных величин) в запросах БД. Расчеты объёмов работ и потребности в технике на 1 миллион рублей ОМФ производятся в отчетах БД и сохраняются на электронных магнитных носителях CD-RW: 700Мб для распечатки на принтерах. Допускается способ ручных расчетов по вышеуказанным формулам в операционной среде Windows 98 по программе пакета Mikrosoft Offise Pro с привлечением вычислительных возможностей электронных таблиц EXCEL.

Состав парка машин увязывают с тракторным парком и рассчитывают на конец планируемого года в следующей последовательности:

-определяют объем мелиоративных работ, который будет выполняться той или иной машиной расчетном году;

-устанавливают сезонную выработку на агрегат, умножая дневную норму выработки на агротехнический срок выполнения работ;

-рассчитывают необходимое количество агрегатов путем деления объема работ на сезонную выработку;

-потребность в машинах рассчитывают, умножая полученное количество агрегатов на число машин в агрегате;



- расчет ведется по приведенным формулам и фиксируется в формах, аналогичных для определения норм потребного парка машин по объекту-представителю, с последующим сопоставлениями с нормами для конкретной провинции природно-сельскохозяйственной зоны и по разности обосновывается необходимость поставки технических средств для пополнения парка машин за счет федерального бюджета.

Для объектов-представителей объёмы видов работ и количество машин по маркам средневзвешено рассчитывается, и после отношения в штуках переведенного на 1 миллион стоимости ОМФ принимаются в виде удельного норматива.

При отсутствии удельного норматива потребитель (специалисты Управлений по мелиорации и водному хозяйству ФГУ регионов РФ) собственные расчетные удельные данные принимает за норматив и сравнивает с данными, полученными исходя из наличного парка.

После определения потребности в парке машин рассчитывают обоснование потребности в поставках.

Порядок расчета поставок следующий:

-находят количество машин, подлежащих выбраковке, исходя из нормативных сроков службы и наличного парка на начало года;

-рассчитывают количество машин, пригодных для эксплуатации, как разность между наличным парком и выбракованным количеством машин; определяют поставки машин как разность между потребным и пригодным парком, т.е. оставшимся после списания (выбраковки);

-сопоставляют по маркам потребность технических средств (в штуках переведенную на 1 миллион стоимости ОМФ) с удельной нормативной потребностью и определяют разность, которая является базой обоснования потребности в машинах при пересчете их количества на полную стоимость ОМФ.

УДК 626. 862. 3. (65.011.46)

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДРЕНОУКЛАДЧИКОВ С ОБРАТНЫМ ВРАЩЕНИЕМ ЦЕПИ**

**Г.Х. Бедретдинов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Производительность дреноукладчика является основным технологическим параметром, определяющим эффективность укладки дренажа на орошаемых землях. Рабочие органы дреноукладчиков состоят из активной части, выполняющей разработку грунта и пассивной части, выполняющей укладку дренажной линии. Активная часть рабочего органа дреноукладчика цепного типа, пас-

сивная - включает нож с лемехом и бункер для укладки трубы и дренажной обсыпки.

Исследования В.А. Румянцева, В.В.Сурикова, Г.В. Гумбурга показывают, что техническая производительность цепных экскаваторов зависит от скорости цепи и конструктивных параметров цепного рабочего органа. Техническая производительность дреоукладчиков с традиционным прямым вращением определяется выносной способностью цепи, зависит от глубины траншеи и влажности разрабатываемого грунта. Повышение влажности приводит к интенсивному налипанию грунта на режущие и транспортирующие элементы рабочего органа дреоукладчика, что требует установки специальных ножей и дополнительных очистных устройств. По расчетам А.А. Левчикова и Р.П. Полад-заде, при повышении уровня грунтовых вод от 2,5 до 1,0 м от поверхности почвы, снижает производительность дреоукладчиков с прямым вращением цепи в 3 раза, что пропорционально повышает стоимость укладки дренажа.

По результатам исследований ВНИИГиМ [1] разработан дреоукладчик ДУ-4003 для укладки дренажа на орошаемых землях. Рабочий орган дреоукладчика состоит из активной части и пассивного укладчика дрены. Активная часть - цепного типа с разрыхляющими и транспортирующими элементами выполняет разработку грунта сверху вниз (обратное вращение), перенос его через нижнюю точку и разгрузку восходящей ветвью за рабочим органом. Пассивная часть выполнена шириной меньше ширины разрыхления, за счет этого разгружаемый грунт проходит между стенками траншеи и бункера укладчика и закрывает укладываемую дрену. Уменьшение ширины бункера относительно ширины полосы разрыхления приводит к снижению до минимума сопротивления его передвижению. Проведенные предварительные испытания показали высокую работоспособность машины при уровнях грунтовых вод выше линии укладки дренажа.

Эффективное применение дреоукладчика ДУ-4003 в технологическом процессе укладки дренажа требуют нахождения зависимостей технической производительности машины от скорости рабочей цепи, уровня грунтовых вод и глубины укладки дрен.

Техническая производительность дреоукладчиков, в том числе с обратным вращением цепи, определяется из условия максимально возможного использования двигателя по мощности [2]. Суммарная мощность, расходуется дреоукладчиком на разработку грунта активной частью рабочего органа сверху вниз  $N_p$ , на подъем грунта из нижней точки к месту разгрузки за рабочим органом  $N_n$  и на перемещение машины в рабочем положении  $N_o$ . Тогда условие максимального использования двигателя по мощности записывается в виде

$$\frac{N_p}{h_p} + \frac{N_n}{h_p} + \frac{N_o}{h_r} \leq k(N - N_x) \quad , \quad (1)$$

где  $N$  – мощность двигателя дреноукладчика,  $N_x$  - мощность холостого хода,  $k$ - коэффициент использования полезной мощности,  $h_p$  - к.п.д. привода активного рабочего органа,  $h_T$  - к.п.д. привода трансмиссии.

Составляющие затрат мощности дреноукладчика типа ДУ-4003 определяются по данным исследований Г.В. Гумбурга [3] с уточнением расчетных зависимостей, исходя из конструктивных особенностей и условий работы машины.

Мощность на разработку грунта активной частью рабочего органа при обратном вращении цепи (кВт) определяется по формуле:

$$N_p = \frac{k_p b H \Pi_T}{3600 h_p} \quad (2)$$

где  $k_p$  - удельное сопротивление резанию грунта,  $b$  - ширина разработки грунта цепным рабочим органом,  $H$  - глубина разработки грунта цепным рабочим органом,  $\Pi_T$  - техническая производительность дреноукладчика.

Мощность на подъем грунта от нижней точки активного рабочего органа до поверхности (на высоту  $H$  при отсутствии выноса грунта на поверхность) равна:

$$N_n = \frac{b H^2 \Pi_T g}{3600 h_p}, \quad (3)$$

где  $g$  - объемный вес разрабатываемого грунта.

Мощность на перемещение дреноукладчика в рабочем положении равна:

$$N_o = \frac{W \Pi_T}{270000 h_T}, \quad (4)$$

где  $W$  - суммарное тяговое сопротивление.

Суммарное тяговое сопротивление дреноукладчика состоит из сопротивления передвижению дреноукладчика  $W_B$  и сопротивления подаче рабочего органа  $W_T$ . Сопротивление передвижению  $W_B = f(G + W_{БЕР})$ , где  $f$  - коэффициент сопротивления передвижению гусеничного движителя дреноукладчика,  $G$  - вес дреноукладчика,  $W_{БЕР}$  - сумма вертикальных составляющих сопротивлений. Величина  $W_T = W_{ГОР}$ , где  $W_{ГОР}$  - сумма горизонтальных составляющих сопротивлений. Тогда мощность на перемещение дреноукладчика в рабочем положении равна:

$$N_o = \frac{\Pi_T [f(G + W_{БЕР}) + W_{ГОР}]}{3600 h_T}. \quad (5)$$

После подстановки составляющих мощности из выражений 3...5 в формулу 2, при принятом допущении о равенстве коэффициентов полезного действия привода рабочего органа и движителя дреноукладчика  $h_{II} = h_T = h$  и преобразований, получаем выражение максимальной технической производительности:

$$P_T = \frac{3600k(N - N_x)h}{k_p bH + bH^2 g + f(G + W_{БЕР}) + W_{ГОР}} \quad (6)$$

Техническая производительность дренаукладчиков с обратным вращением цепи зависит от мощности двигателя базовой машины, параметров полосы, разрабатываемой активной частью рабочего органа и тяговых сопротивлений дренаукладчика в рабочем положении. При установленной мощности базового двигателя техническая производительность дренаукладчика обратно пропорциональна удельному сопротивлению резания, глубине укладки дрены и суммарному тяговому сопротивлению дренаукладчика.

При работе машины на землях с уровнем грунтовых вод выше линии укладки дренажа удельное сопротивление  $k_p$  представляет сумму сопротивлений резанию сухой и обводненной части грунта. При таких условиях удельное сопротивление резанию может быть представлено как средневзвешенная величина  $k_p = \frac{k_c h_r + k_m (H - h_r)}{H}$ , где  $k_c$  - удельное сопротивление резанию сухого грунта,  $k_m$  - удельное сопротивление резанию обводненного грунта,  $h_r$  - уровень грунтовых вод от поверхности.

Исследованиями А.Н. Зеленина [4] установлено резкое снижение сопротивления резанию связных грунтов при увеличении влажности до величины максимальной влагоемкости. Тогда повышение уровня грунтовых вод приводит к снижению сопротивления резанию. Дополнительное увлажнение сухого слоя на полосе разработки приводит к выравниванию влажности по глубине и снижению сопротивления резанию грунта.

На рисунке 1 представлены тяговые сопротивления дренаукладчика в рабочем положении. В вертикальной плоскости на рабочий орган действуют сопротивления от составляющих усилий резания грунта активной и пассивной частями рабочего органа (цепи, ножа и лемеха). При герметичности нижней части бункера, на него действует выталкивающая сила, возникающая за счет вытеснения им смеси разрыхленного грунта с водой в пределах уровня грунтовых вод относительно линии укладки дрены. В горизонтальной плоскости на рабочий орган действуют сопротивления от соответствующих составляющих усилий резания, усилий трения, вызываемых протягиванием пассивного рабочего органа в разрыхленной грунтовой массе и проходом дренажной трубы по направляющему желобу укладчика.

Составляющие сопротивлений зависят от типа грунта, уровня грунтовых вод и конструктивных параметров рабочего органа дренаукладчика. Для достижения максимальной производительности конструктивные параметры соответствующих элементов рабочего органа должны обеспечивать минимальные тяговые сопротивления.

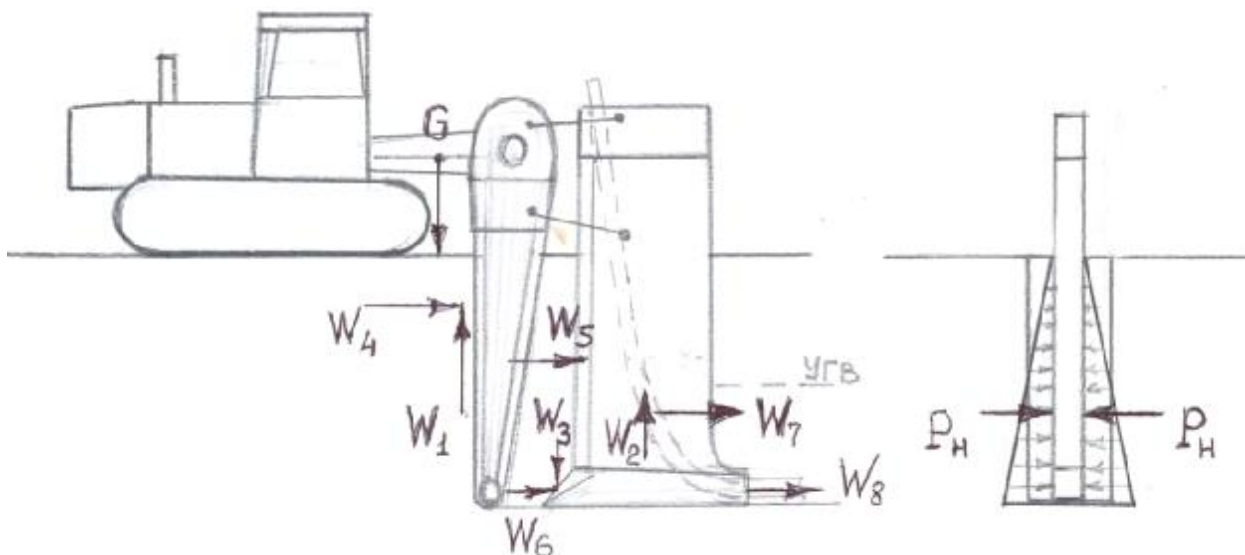


Рисунок 1 - Активные силы и тяговые сопротивления, действующие на дренаукладчик в рабочем положении

Минимальная вертикальная составляющая сопротивления от усилия резания активной частью рабочего органа обеспечивается при угле наклона рабочей цепи равном  $90^0$  [3], при этом значение

$$W_1 = \frac{k_p b H \Pi_T}{3600 n_c}, \quad (7)$$

где  $v_c$  - скорость цепи активной части рабочего органа.

Выталкивающая сила, определяется объемом смеси грунта с водой, вытесняемой бункером укладчика в пределах высоты уровня грунтовых вод относительно линии укладки дрены. Тогда величина

$$W_2 = L b_1 h_1 g_1, \quad (8)$$

где  $L$  - длина бункера,  $b_1$  - ширина бункера,  $h_1$  - уровень грунтовых вод относительно линии укладки дрены,  $g_1$  - объемный вес смеси грунта с водой.

Сопротивление от вертикальной составляющей резанию грунта лемехом

$$W_3 = k_M b_L h_L \text{Cos} \alpha_L, \quad (9)$$

где  $k_M$  - удельное сопротивление резанию обводненного грунта,  $b_L$  - ширина лемеха,  $h_L$  - высота лемеха,  $\alpha_L$  - угол наклона лемеха к горизонту.

Сопротивление от горизонтальной составляющей усилия резания активной частью цепного рабочего органа

$$W_4 = \frac{k_p b H \Pi_T y}{3600 n_c}, \quad (10)$$

где  $y$  - коэффициент, зависящий от режима копания и износа режущей кромки.

Сопротивление от усилия резания разрыхленного грунта ножом бункера:

$$W_5 = k_p b_1 (H - h_L) \quad (11)$$

Сопротивление от горизонтальной составляющей усилия резания лемехом:

$$W_6 = k_m b_{\text{л}} h_{\text{л}} \text{Sin} a_{\text{л}} \quad (12)$$

Сопротивление от сил трения, возникающих при протаскивании бункера в разрыхленном грунте, определяется  $W_7 = 2P_H f_1$ , где  $f_1$  - коэффициент трения грунта о сталь. Усилия  $P_H$  воздействуют на стенки бункера укладчика с двух сторон и могут определяться по традиционной эпюре давления грунта на вертикальную стенку (рис.1). С учетом воздействия сил с двух сторон и действия их на бункер длиной  $L$ , сопротивление

$$W_7 = g_p H^2 L f_1, \quad (13)$$

где  $g_p$  - объемный вес разрыхленного активным рабочим органом грунта.

Сопротивление  $W_8$  определяется усилиями подъема трубы от поверхности земли до высоты приемной части спускного желоба и силами трения, возникающими при ее проходе по направляющим подающего устройства и местам перегиба желоба. При роликовых направляющих подающего устройства

$$W_8 = q_T h_{\text{л}} k_H k_T, \quad (14)$$

где  $q_T$  - удельный вес трубы с фильтром,  $h_{\text{л}}$  - высота подъема трубы,  $k_H$  - коэффициент, учитывающий трение в направляющих роликах,  $k_T$  - коэффициент, учитывающий трение о поверхность желоба в местах его изгиба.

После подстановки выражений вертикальных и горизонтальных сопротивлений в формулу (6), получим развернутое выражение технической производительности

$$P_T = \left( \frac{3600k(N - N_X)h}{k_p bH + bH^2 g + fG + f k_m b_{\text{л}} h_{\text{л}} \text{Cos} a_{\text{л}} - f L b_1 h_1 g - \frac{f k_p b h \Pi_T}{3600 v_c} + \frac{k_p b h \Pi_T \gamma}{3600 v_c} + k_m b_{\text{л}} h_{\text{л}} \text{Sin} a_{\text{л}} + \frac{1}{+ k_p b_1 (H - h_{\text{л}}) + g_p H^2 L f_1 + q_T h_{\text{л}} k_H k_T}} \right) \quad (15)$$

Полученное выражение представляет зависимость технической производительности дреноукладчика типа ДУ-4003 от прочности разрабатываемого грунта уровня грунтовых вод, скорости цепи активной части цепного рабочего органа и глубины укладки дренажа

Анализ показывает, что техническая производительность в правой части выражения зависит от значений коэффициентов сопротивления передвижения гусеничного движителя дреноукладчика  $f$  и коэффициента, зависящего от режима копания и износа режущих кромок цепи активной части рабочего органа  $\gamma$ . По данным исследований [2] значения коэффициента  $f = 0,09 \dots 0,11$ , по данным Н.Г.Домбровского  $\gamma = 0,1 \dots 0,8$ . При равенстве значений указанных коэффициентов, или соответствующем допущении, слагаемые, содержащие выражение  $P_T$  в правой части выражения исключаются, тогда техническая производительность определяется по упрощенной зависимости. При разных

значениях коэффициентов  $f$  и  $y$  величина  $P_T$  входит в правую и левую части формулы. (15). Тогда техническая производительность определяется в результате решения квадратного уравнения.

#### **Литература**

1. Левчиков А.А. Совершенствование технологии бестраншейного строительства глубокого закрытого дренажа на деградированных орошаемых землях с высоким уровнем грунтовых вод. – В кн. Наукоемкие технологии в мелиорации.- М.: ВНИИА, 2005. с 509...511.
2. Землеройные машины непрерывного действия ВНИИЗеммаш, Издательство «Тема». СПб, 2000 г. - 324 с.
3. Гумбург Г.В. Исследование основных процессов при узкотраншейном строительстве дренажа в зоне осушения. – Дис. На соиск. Уч. степени к.т.н.- М. : ВНИИГиМ, 1973. 205 с.
4. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. Учебное пособие для вузов. М, «Машиностроение», 1975. 424 с.

УДК 628.15 + 626.8

### **РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ БЕСТРАНШЕЙНЫМ МЕТОДОМ**

**В.Н. Белобородов, А.Н. Ли**

ФГУП СибНИИГиМ, Красноярск, Россия

Создание эффективной и надежной закрытой оросительной сети на мелиоративных системах является важнейшим техническим и экологическим мероприятием, направленным на рациональное использование водных ресурсов и предотвращение подтопления, заболачивания и засоления окружающих земель.

В начале «перестройки» в мелиоративной отрасли находилось более 90 тыс. км оросительной сети и около 21 тыс. км водопроводной сети, из которых основную долю составляли стальные трубопроводы. Если учесть, что закрытая оросительная сеть является дорогостоящим объектом, становится ясной важность для отрасли, надежность ее функционирования.

В целях повышения эксплуатационной надежности и долговечности мелиоративных трубопроводов необходимо обеспечить антикоррозионную защиту стальных труб. При этом особое значение приобретает использование новых технологий и полимерных материалов при строительстве и реконструкции трубопроводов.

В Англии, Германии, Франции, Италии, Дании, США и других странах накоплен значительный опыт по реконструкции подземных трубопроводов бестраншейными методами. Они позволяют существенно сократить сроки строительных работ, исключить на 80–90% разрытие территорий, получить большую экономию металлических труб, горюче-смазочных и строительных материалов.

Зарубежный и отечественный опыт использования полимерных рукавов, при восстановлении трубопроводов, показывает их эффективность и надежность.

Анализ существующих методов изоляции внутренней поверхности труб рукавными полимерными материалами выявил ряд проблем, связанных с изготовлением тканевого рукава, способом ввода рукава в трубу и с качеством приклейки рукава к внутренней поверхности трубопровода.

Изготовление специальных рукавов соответствующих внутреннему диаметру труб требует значительных капиталовложений.

Введение рукава в трубу известным способом под давлением требует изготовления специальных крупногабаритных, металлоемких герметичных камер.

Для решения данных проблем нами разработаны новые способы оклеечной изоляции внутренней поверхности трубопроводов, которые могут быть использованы, как при строительстве новых трубопроводов, так и при восстановлении вышедших из строя в процессе эксплуатации.

Бестраншейный метод, разработанный в СибНИИГиМ, отличается тем, что пропитка тканевого рукава эпоксидным составом и совмещение его с полиэтиленовым рукавом осуществляется в процессе ввода в трубопровод. Что обеспечивает визуальный контроль за пропиткой тканевого рукава и расходом состава, который доливается в процессе пропитки. Данный метод позволяет создать в трубопроводе многослойное покрытие - новую армированную полимерную трубу, превосходящую по многим физико-механическим показателям стальную (рис. 1).

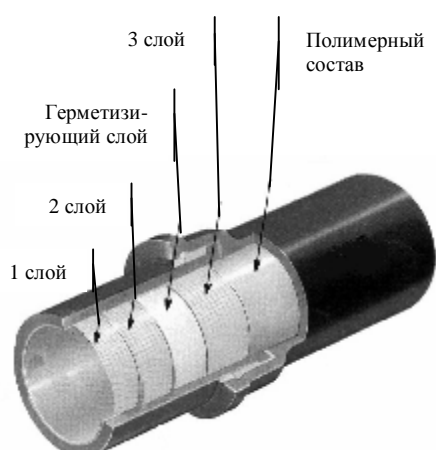


Рисунок 1 - Конструкция покрытия восстановленного трубопровода

Трубопроводы из полимерных материалов не нуждаются в катодной защите от коррозии; устойчивы к динамическим нагрузкам, не теряют свою работоспособность при низких температурах.

Тканевый рукав, как армирующая основа, изготавливается из прочной не гниющей ткани, например капрона (Артикул 56035). В качестве клеящего пропиточного состава нами использовались полимерные композиции на основе эпоксидных смол, отличающиеся высокими физико-механическими свойствами.

Все работы проводятся с применением комплекта специальных устройств и агрегатов, разработанных в лаборатории «Изотор» ФГУП «СибНИИГиМ».

Технология восстановления трубопроводов, включает следующие операции:



1. Опорожнение трубопровода от воды и протаскивание каната с помощью тора-разделителя;
2. Сушку внутренней поверхности трубопровода путем продувки подогревателем воздуха 8Г27К;
3. Механическую очистку внутренней поверхности трубопровода скребками и поршнями «Доркомтехника»;
4. Обеспыливание внутренней поверхности трубопровода путем одновременной продувки с протаскиванием через трубопровод металлической щетки;
5. Телеинспекцию;
6. Пропитку и ввод рукава в трубопровод;
7. Выдержку под давлением до 0,04 МПа;
8. Прогрев трубопровода подогревателем воздуха 8Г27К;
9. Удаление полиэтиленового рукава;
10. Телеинспекцию.

После сброса воды из трубопроводов, при недостаточных уклонах, остаются отдельные участки с водой в местах прогибов. Для удаления остатков воды из трубопровода и протаскивания каната с последующей протяжкой троса от лебедки нами использовались торы-разделители, обеспечивающие герметизацию в поперечном сечении трубы и перекачивание без пробуксовки, включающие: тороидальную резиновую камеру с вентилем и крышку из прочной ткани (рис. 2).

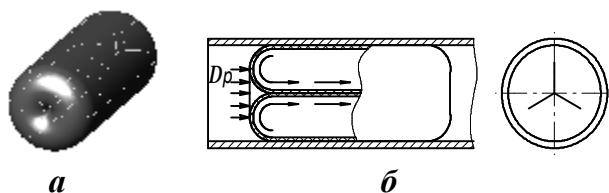


Рисунок 2 – Конструкция тора-разделителя:  
а) общий вид, б) схема движения в трубопроводе

Совместно с ЦЗЛ Красноярского шинного завода были разработаны технические условия и технологический регламент на изготовление тороидальных резиновых камер в заводских условиях.

При выборе материала тороидальных резиновых оболочек учитывалась их работа в контакте со средами полярного характера, содержащих органические растворители класса кетонов (ацетон, циклогексан и др.) при температуре окружающей среды от 0 до + 45 °С и давлении 0,05-0,1 МПа.

Испытания торов-разделителей “на отказ” показали их высокую надежность и долговечность. Одним тором-разделителем было пройдено более восьми километров трубопровода, при этом были обнаружены незначительные повреждения крышки, а тороидальная резиновая камера находилась в хорошем состоянии.

Для опорожнения трубопровода от остатков воды, канат пропускают через запорное устройство в заглушке, затем через середину тора-разделителя и ко-

нец оставляют в начале трубопровода, а канат с технологической лебедки, с помощью тора-разделителя, протаскивают через трубопровод (рис. 3).

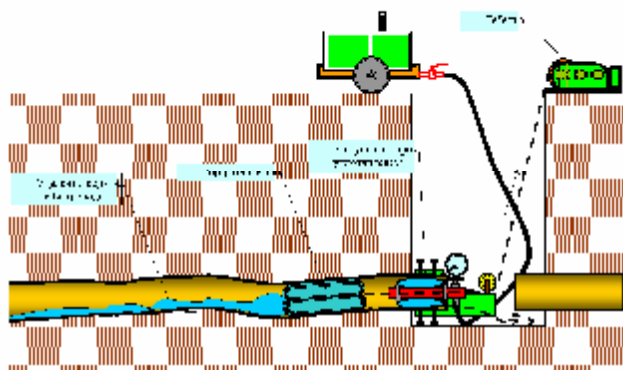


Рисунок 3 - Схема опорожнения трубопровода от воды и протаскивание каната

Для удаления влаги и просушки внутренней поверхности трубопровода используются высокопроизводительные калориферы, например подогреватель воздуха 8Г27К.

Очистка внутренней поверхности трубопровода производится скребками и поршнями «Доркомтехника» или методом гидродинамической очистки.

Обеспыливание внутренней поверхности трубопровода выполняют, одновременно с продувкой и протаскиванием металлической щетки (рис. 4).

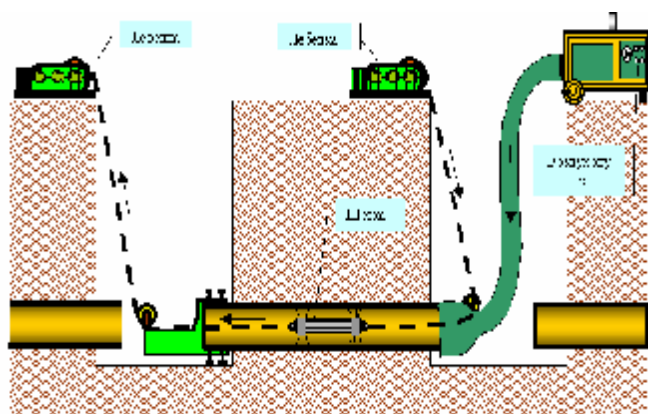


Рисунок 4 - Схема обеспыливания внутренней поверхности трубопровода

Следующим этапом, перед оклейкой внутренней поверхности трубопроводов, является телеинспекция, пропуск через трубопровод тележки, оснащенной видеокамерой. После очистки и продувки восстанавливаемого участка производят расстановку оборудования для оклейки внутренней поверхности трубопровода (рис. 5).

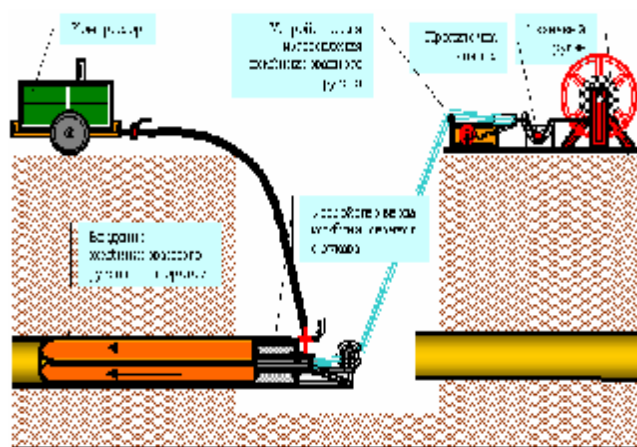


Рисунок 5 – Схема пропитки и ввода рукава в трубопровод

Восстановление трубопровода выполняется в следующей последовательности: тканевый рукав, соответствующий диаметру и длине восстанавливаемой трубы, пропускают через ванну с клеем, затем через устройство для изготовления комбинированного рукава.

При этом, тканевый пропитанный клеем рукав, оказывается внутри полиэтиленового рукава. Далее концы рукавов совмещают, и пропускают через затвор вводного устройства, выворачивают их на



Рисунок 6 – Вводное устройство конструкции СибНИИГ и М



Рисунок 7 – Введение рукава в трубопровод

изнанку и расправляют по периметру на внешней стороне вводного устройства (рис. 6).

Затем вводное устройство вставляют в начало трубопровода и раскачивают тор-уплотнитель сжатым воздухом до 0,15 МПа, для прижатия концов рукава к внутренней стенке трубы и герметизации входа в трубопровод.

Совмещенные рукава с выворотом вводятся в трубопровод (рис. 7).

После отверждения полимерного клеящего состава и приклеивания тканевого рукава к внутренней поверхности восстанавливаемого трубопровода, с помощью каната, полиэтиленовый рукав с выворотом вытягивается в начало трубопровода, сматывается в рулон и хранится до следующего использования, либо утилизируется.

Заключительным этапом работ является телеинспекция восстановленного участка трубопровода.

При выполнении работ исполь-

зуются полимерные материалы, входящие в "Перечень материалов и реагентов, разрешенных ГК СЭН РФ к применению в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения" утв. 23.10.92г. № 01-19/32-11 и письмо ЦГСЭН Красноярского края № 52 от 2.03.92г.

#### **Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели:**

- Диапазон диаметров изолируемых труб - от 100 до 1000 мм;
- Длина восстанавливаемых участков - до 100 и более м;
- Расход пропиточного - клеящего состава – 2 - 3,5 кг/м<sup>2</sup>;
- Расход ткани – 2 - 3 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;
- Расход полиэтиленовой пленки – 1 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;
- Сметная стоимость восстановления трубопровода – от 3000руб/п.м.

Внедрено:

Ду-300 – 640п.м. на Есаульской ОС; Ду-219 – 400п.м. в Дивногорске; Ду-159 – 200п.м. в Дивногорске; Ду-273 – 60п.м. в Домодедово-Москве (под взлетной полосой); Ду-800 – 160п.м. в Канске; Ду-300 – 70п.м. Саяногорске (под а/м

дорогой); Ду-159 – 300п.м. на ст. Красноярск-Восточный (7 участков между ж/д путями).

Отечественная бестраншейная технология, разработанная в ФГУП «СибНИИГиМ», представлялась на ВВЦ в г. Москве и на Красноярской ярмарке, а также сетевом семинаре-совещании ОАО «РЖД» (21-23 июня 2006г).

Новизна разработок по этой тематике подтверждена тремя авторскими и девятью патентами на изобретения.

Достоинством представленных технологий является использование и применение отечественного оборудования и материалов. В отличие от существующих зарубежных аналогов, стоимость восстановительных работ по новым технологиям в 2-3 раза ниже, при этом отпадает необходимость в строительстве специальных заводов по изготовлению рукавов, и закупке оборудования за рубежом.

Работы по восстановлению трубопроводов представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 - Фрагменты восстановления трубопроводов

### Литература

1. Матвеев А.М., Лисконов А.Г., Шумилов В.Н. Пассивная защита стальных трубопроводов в мелиоративном строительстве РСФСР. М: “Росоргтех-водстрой” 1990.
2. Храменков С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей М.: "ТИМР", 2000-179с.
3. Белобородов В.Н., Ли А.Н., Савченко В.Т. Технология оклеечной изоляции внутренней поверхности трубопроводов. Мелиорация и водное хозяйство, № 4,1999, М. С.42-44.
4. Белобородов В.Н., Ли А.Н., Савченко В.Т. Отечественная бестраншейная технология восстановления трубопроводов. РОБТ, № 8, 2004, М. С.5-10.
5. Белобородов В.Н., Ли А.Н., Кулигин В.Д., Гайчук А.А., Пимонов Е.В. Восстановление трубопроводов по методу СибНИИГиМ. РОБТ, № 8, 2005, М. С.15-16.



## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

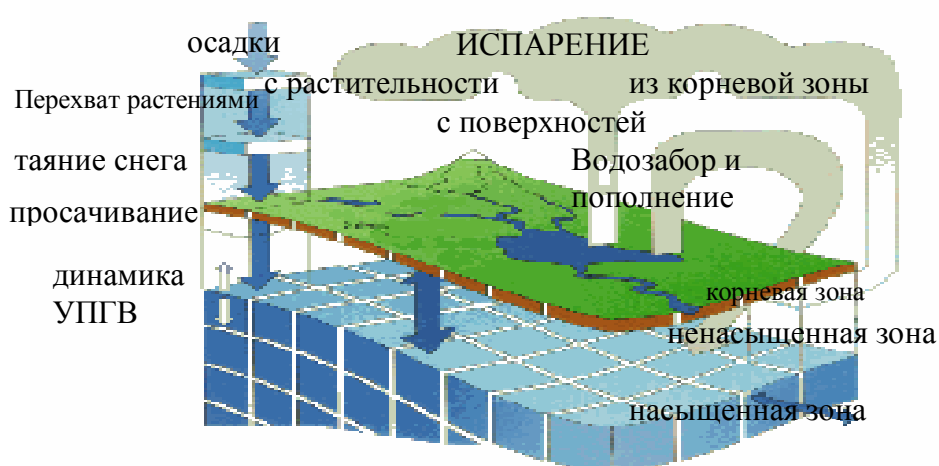
**А.Л. Брайнин, А.Л. Бубер, В.Р. Енакаева, Н.М. Попова, Л.А. Шукурова**  
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

За последние годы компьютерные технологии в мире и, в частности, в нашей отрасли, эволюционировали от выполнения отдельных расчётных задач к компьютерному моделированию – воссозданию в вычислительной среде сложных природных и инженерных систем и происходящих в них процессов. По ряду причин в отечественной практике в этом направлении наблюдается существенное отставание от общемирового уровня как в создании программных продуктов, так и в практическом использовании компьютерных технологий. В связи с этим в данном обзоре представлены по большей части иностранные программные продукты.

Цель обзора, отнюдь не претендующего на полноту, дать общее представление о состоянии дел и доступных возможностях и тем самым в какой-то мере простимулировать использование этих возможностей в отечественной практике. Программные продукты сгруппированы в соответствии с видами решаемых задач. Поскольку большинство программных комплексов являются многоцелевыми, группировка выполнена по основному назначению комплекса.

### ГИДРОЛОГИЯ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЁТЫ

#### Комплекс программ MIKE SHE (Датский Гидравлический Институт)



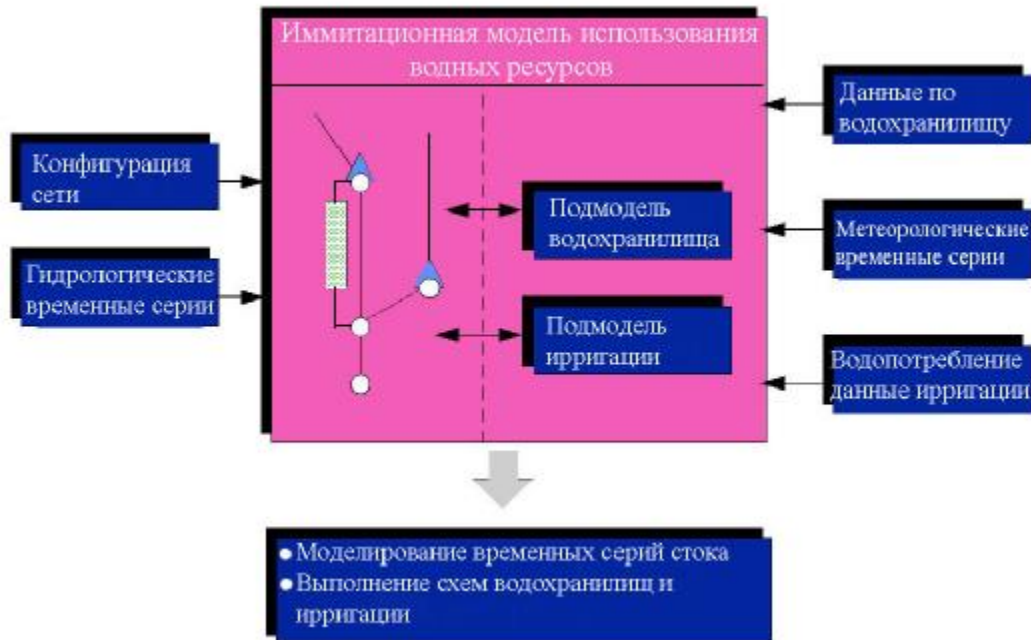
MIKE SHE - это интегрированная система моделирования потоков поверхностных и грунтовых вод, транспорта растворов и взвесей во всей земной фазе гидрологического цикла. MIKE SHE может быть применена практически к любому виду гидрологических проблем.

## Система моделирования Водохозяйственных балансов (Северо-Кавказский филиал РосНИИВХ, г. Новочеркасск)

Система предназначена для автоматизации процесса расчета водохозяйственных балансов на ПЭВМ. С использованием системы расчетов водохозяйственных балансов могут быть созданы библиотеки моделей водохозяйственных систем отдельных бассейнов рек, используемых в дальнейшем для оценки водохозяйственной ситуации в условиях изменения режима или объема использования водных ресурсов регулирования стока и т.д. Система является информационно-технологической основой для подготовки и реализации бассейновых соглашений.

### Программа MIKE BASIN (Датский Гидравлический Институт)

MIKE BASIN представляет собой программное средство для планирования и управления водными ресурсами в рамках одного или нескольких речных бассейнов, для разработки генеральных схем использования водных ресурсов, решения широкого круга водохозяйственных задач. Комплексное рассмотрение водообеспечения может производиться также в рамках отдельных частей бассейна, включая учет отраслевого промышленного и сельскохозяйственного водопотребления, режимов эксплуатации водохранилищ многоцелевого назначения, водохозяйственное обоснование схем водоотведения/переброски стока, учитывая также многоплановые экологические требования и ограничения.



## Система ведения и обобщения лимитов и расчетов платного водопользования (Северо-Кавказский филиал ЦПрП)

Система ведения и обобщения лимитов и расчетов платного водопользования предназначена для использования в органах управления водными ресурсами при выдаче лицензий на пользование водными ресурсами, при формировании оперативного лимита забора и отведения вод, прогноза сбора средств пла-

ты за водопользование по бассейнам, территориям и отдельным водопользователям, а также для проведения анализа исполнения лимита по итогам года.

### **Комплекс программ IRAS для интерактивного моделирования управления водными ресурсами бассейнов рек (Корнельский Университет, США)**

Компьютерная модель в среде IRAS базируется на описании бассейна реки в виде линейно-узловой схемы, гидрологической информации за ряд лет, информации о сбросах загрязняющих веществ (ЗВ) и принятых правилах управления водохранилищами (диспетчерских графиках) Модель оценивает водообеспеченность потребителей, определяет зоны и продолжительность дефицита при различных климатических условиях. Использование модели позволяет улучшить управление водными ресурсами, рассмотреть возможности регулирования незарегулированных водотоков. При проведении расчетов с использованием этой среды может быть учтен водообмен поверхностных и подземных вод (инфильтрация в руслах рек и в ложах водохранилищ, русловые выклинивание подземных вод).

## **РУСЛОВАЯ ГИДРАВЛИКА, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

### **Комплекс программ MIKE 11, MIKE GIS (Датский Гидравлический Институт)**

Пакет прикладных программ MIKE 11 моделирует водные потоки, транспорт наносов и качество воды в эстуариях, реках, оросительных системах и других водных объектах. Основной модуль пакета – гидродинамический модуль (расчет неустановившегося движения воды) в одномерной постановке; дополнительные модули позволяют рассчитывать химические и биохимические процессы, транспорт наносов, расчёт осадков и формирования стока, расчёт прорыва плотины и прохождения прорывной волны.

С помощью специально разработанного интерфейса MIKE11 GIS данные и результаты проектов MIKE11 могут быть перенесены в среду геоинформационной системы ArcView GIS.

### **Программа визуализации RiverView (ИНПЦ "Союзводпроект")**

Программа RiverView представляет собой геоинформационную систему, которая позволяет визуализировать зоны затопления при прохождении волн прорыва и высоких паводковых волн в виде анимационных клипов на экране монитора и на карте. Используется совместно с MIKE 11.

### **Комплекс программ MIKE 21 (Датский Гидравлический Институт)**

Комплекс MIKE 21 используется при моделировании неустановившегося движения воды в двумерной постановке в морях, озерах, водохранилищах и на участках рек. Он может применяться для изучения широкого круга явлений: приливы и отливы, штормовые волны, тепловая и солевая циркуляция, качество

ВОДЫ.

### **Комплекс программ MIKE 3 (Датский Гидравлический Институт)**

Этот комплекс программ реализует трехмерное компьютерное моделирование гидродинамических процессов, процессов адвективной дисперсии, качества воды, эвтрофикации, транспортирования взвешенных частиц, аварийных разливов непереноса в объемной водной среде. MIKE 3 позволяет прогнозировать береговые затопления и моделировать штормовые волны. Комплекс динамически стыкуется с MIKE 21

### **Программный комплекс HEC-RAS (US Army Corps of Engineers)**

HEC-RAS является интегрированной системой программных средств и имеет целью расчёт субкритического, суперкритического и смешаного режимов движения потока. При расчетах могут рассматриваться различные препятствия, такие как мосты, трубы, плотины и другие сооружения.

## **ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ**

### **Программа Visual MODFLOW Pro (WATERLOO HYDROGEOLOGIC – Канада)**

Visual MODFLOW Pro объединяет современный компьютерный инструментарий, который позволяет моделировать движение подземных вод и транспортирование загрязняющих веществ.

### **Программный комплекс FEFLOW (Фирма WASY, Берлин, Германия)**

Это система имитационного моделирования одно-, двух- и трехмерных подземных потоков, а также переноса в них загрязняющих веществ и тепла. Возможен анализ как насыщенных, так и ненасыщенных слоев (горизонтов). Поток может быть как стационарным, так и неустановившимся.

### **Комплекс программ TopazHC (ВСЕГИНГЕО)**

Windows-программа TopazHC предназначена для расчета напорной или безнапорной фильтрации и баланса подземных вод, массопереноса в сложно-слоистых толщах. Программа ориентирована на задачи оценки эксплуатационных запасов подземных вод. Предусмотрен учет связи подземных и поверхностных вод с возможностью разрыва их уровней, учет паводков, учет литологических окон между горизонтами, учитывается неоднородность и анизотропность условий фильтрации, изменение во времени граничных условий.

## **ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ**

### **Комплекс программ MOUSE, MOUSE GIS (Датский Гидравлический Институт)**

Программный комплекс представляет собой интегрированную моделирующую среду для различных систем городской канализации; может быть



применен для любых типов систем трубопроводов и для любых режимов течения в них, как напорных, так и безнапорных.

#### **Комплекс программ MIKE NET (Датский Гидравлический Институт)**

Программный продукт MIKE NET - средство компьютерного моделирования работы сетей водоснабжения при стационарном и квазистационарном режиме работы с учётом качества воды.

#### **Программный комплекс HAESTAD METHODS (HAESTAD METHODS – США)**

Комплекс предназначен для моделирования и автоматизированного проектирования распределительных сетей водоподачи, сетей канализации, ливневой коллекторной сети и сооружений на сетях.

### **КАЧЕСТВО ВОДЫ**

#### **Информационно-справочная подсистема "ГИДРОХИМИЯ" (Северо-Кавказский филиал ЦПРП)**

Функцией информационно-справочной подсистемы "ГИДРОХИМИЯ" является получение различного рода расчетных данных, характеризующих состояние водных объектов, выявление тенденции (динамики) изменения качества воды водотоков во времени и в пространстве, оценка степени антропогенной нагрузки на различные участки водотоков и выявление основных (точечных) источников загрязнения, оказывающих негативное воздействие на качество поверхностных вод.

#### **Программа для подготовки проекта предельно- допустимых сбросов (ПДС) вредных веществ в поверхностные водные объекты (Северо-Кавказский филиал ЦПРП)**

Программный комплекс предназначен для подготовки проектов предельно допустимых сбросов вредных веществ в водные объекты. Он обеспечивает подготовку проектов ПДС для существующих и вновь проектируемых выпусков предприятий.

Особо следует отметить перспективную отечественную разработку - систему поддержки принятия решений (ППР) и поддержки переговоров **WQPLAN (ВЦ РАН, Москва)**. Система предназначена для поиска эффективных стратегий улучшения качества воды при ограниченных средствах (объёмах капиталовложений). Были проведены экспериментальные расчеты, продемонстрировавшие возможность использования системы для поиска стратегий улучшения качества воды в реке Ока и для подготовки переговоров, направленных на поиск стратегий, удовлетворительных для всех участников переговоров.

В заключение нельзя не отметить современные программные комплексы: **Кредо (НПО "Кредо-Диалог", г. Минск)** для автоматизации камеральной обработки инженерно-геодезических данных при разведке недр, инженерных изысканиях объектов промышленного и гражданского строительства, геодези-

ческого обеспечения строительства, кадастра., **Лира-Windows** (НИИАСС, г. Киев) для расчета и проектирования строительных и машиностроительных конструкций различного назначения, **Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог Rocada**. (Союздорпроект, г. Москва), **SWAP моделирование** (Сельскохозяйственный Университет Wageningen (Голландия) - пакет моделирования соле-влаго-тепло переноса в системе почва-атмосфера - растение.

УДК 631.6 (092)

## **О ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕКИ ПОДКУМОК**

**Я.В. Волосухин**

ГОУ ВПО «Южно - Российский ГТУ», Новочеркасск, Россия

Объектом исследования является р. Подкумок (длина 155 км., площадь бассейна 2,22 тыс. км<sup>2</sup>) – приток первого порядка р. Кумы (длина 802 км, площадь бассейна 33,5 тыс.км<sup>2</sup>). Практически весь бассейн р. Подкумок приходится на старейший особо охраняемый эколого-курортный регион Российской Федерации – Кавказские Минеральные воды (КМВ).

Вплоть до 60 годов прошлого века водоснабжение КМВ осуществлялось в основном за счет поверхностных и подруслых вод р. Подкумок. Учитывая большой дефицит водных ресурсов на КМВ, и с учетом развития данного курортного региона построены: Кубанский водопровод (1966 г.), Малкинский групповой водопровод, (1979-1985 гг.) и Эшкаконовский водопровод (1981 г.). Источником водоснабжения Кубанского водопровода служат поверхностные воды из Большого Ставропольского канала (36 км) и Кубанского водохранилища. Водоснабжение Малкинского группового водопровода осуществляется за счет Малкинского месторождения пресных подземных вод, Эшкаконского водопровода за счет водозабора из Эшкаконовского водохранилища, построенного на левом притоке р. Подкумок. Кубанский водопровод и Малкинский групповой водопровод поставляют воду в города Кисловодск, Ессентуки, Пятигорск, Железноводск, Лермонтов, Минводы, станицы Суворовскую, Ессентукскую, села Вин-Сады, Новоблагодарное, Свобода и др., Эшкаконовский водопровод – города Кисловодск и Лермонтов соответственно. Суммарный объем поставляемой воды по водопроводам составляет 390 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, среднесуточный сток р. Подкумок у одного из старейших гидростов (г. Кисловодск, период наблюдений 1936-2004 г.) составляет 511 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

Территория бассейна сильно антропогенно нагружена, на ней расположены основные города-курорты, принимающие до 1 млн. отдыхающих в год, нагрузка в бассейне доходит до 700 чел/км<sup>2</sup>.

Река Подкумок является горной в верхнем и среднем течении. Сток реки отличается значительной изменчивостью, как в многолетнем разрезе, так и внутри года. Бассейн р. Подкумок характеризуется высокой застройкой поймы и значительной степенью загрязнения вод реки. Загрязнения вод р. Подкумок накладывают дополнительные ограничения на водообеспечение населения курортной зоны достаточным количеством воды хорошего качества. Большая антропогенная нагрузка и бесконтрольная хозяйственная деятельность в бассейне приводит к огромным ущербам от быстроформирующихся паводков смешанного питания. Ярким примером является паводок 2002 года, ущерб от которого составил 2 млрд. руб.

К одной из основных задач водохозяйственного комплекса России на ближайшую перспективу является развитие системы мониторинга водных объектов [1].

Проблема эффективной противопаводковой защиты р. Подкумок назрела давно, ее успешное решение включает в себя обширный круг задач, из которых немаловажную роль играют социальные и административно-управленческие факторы, природное состояние бассейна, а также создание гидродинамической модели р. Подкумок, по которой можно судить о расходах реки с достаточной достоверностью.

Гидродинамическая модель представляет собой набор программ, позволяющих рассчитывать уровни, скорости, площади затопления и другие параметры, которые используются на численном решении уравнений Сен-Венана для течения воды в реках.

При отладке гидродинамической модели р. Подкумок используется база гидрологических данных за весь период наблюдений, который составляет в бассейне р. Подкумок более 80 лет. Существенными недостатками действующих гидропостов является недостаточное их количество, слабая техническая обеспеченность. Собранные по действующим гидропостам данные не позволяют создать модель достаточной степени точности. Поэтому параметры русла, поймы и расчетных створов были уточнены нами по результатам проведенных натурных исследований с использованием современного геодезического, геофизического и гидравлического оборудования.

В настоящее время в геодезических приборах широкое применение получила глобальная система позиционирования (Global positioning system – GPS). Эта спутниковая система используется во всем мире для определения местоположения в любой точке земной поверхности. Основными достоинствами и преимуществами GPS являются: высокая точность и цифровое представление результатов, автоматизация, значительное сокращение сроков работ, по сравнению с традиционными методами и т.д. Для сбора геодезических данных использовались: GPS-приемник для географических информационных систем Leica GPS1200, электронный тахеометр Leica TPS systems 400 и высокоточный

нивелир Leica DNA03. Основные технические характеристики GPS – приемника представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные технические характеристики GPS–приемника Leica GPS1200

Тип		Двухчастотный
GNSS технология		SmartTrack+
Количество каналов		14 L1 + 14 L2 GPS 2 SBAS 12 L1 + 12 L2 ГЛОНАСС 72 канала
Точность измерений статика	В плане	5 мм + 1мм/км
	По высоте	10 мм + 1мм/км
Точность измерений кинематика	В плане	10 мм + 1мм/км
	По высоте	20 мм + 1мм/км
Ударопрочность		Выдерживает падение с высоты 1 м
Рабочая температура, °С		- 40 <sup>0</sup> - +65 <sup>0</sup>
Электропитание		Две встраиваемые в приемник батареи Li-Ion 3.8 Ач/7.2 В
Память		64 Мб
Вес приемника, кг		1,2
Потребляемая мощность		4,6 Вт

Для получения геофизических данных использовался радиотехнический прибор поверхностного зондирования «ОКО-2», производства фирмы «Логис» (г. Жуковский). Радиотехнический прибор подповерхностного зондирования (георадар) предназначен для обнаружения точечных и протяжённых границ раздела сред (грунт, вода, строительные конструкции и т.п.) с выводом результатов зондирования на экран регистрирующего устройства в реальном времени и последующим сохранением результатов зондирования в файл для обработки и вывода на печатающее устройство.

Принцип действия аппаратуры подповерхностного радиолокационного зондирования основан на излучении сверхширокополосных импульсов метрового и дециметрового диапазона электромагнитных волн и приеме сигналов, отраженных от границ раздела слоев зондируемой среды, имеющих различные электрофизические свойства. Такими границами раздела в исследуемых средах являются, например, контакт между сухими и влагонасыщенными грунтами - уровень грунтовых вод, контакты между породами различного литологического состава и т.д.

Конструктивно георадар состоит из следующих блоков:

- антенный блок;
- блок управления;

- оптический преобразователь;
- регистрирующее устройство;
- блок питания с зарядным устройством;
- датчик перемещения.

Для определения скоростей течения воды в настоящее время используют методы, основанные на различных физических принципах. Чаще всего применяют гидрометрические вертушки, реже поплавки, остальные приборы используют главным образом для лабораторных исследований. В работе была использована гидрометрическая вертушка ГР-99, как наиболее зарекомендовавшая себя для измерений в потоках с высокой турбулентностью (горных реках).

По результатам натурных исследований получено большое количество актуальной на сегодняшний день информации о р. Подкумок и ее притоках, построено достаточное для задачи исследования количество профилей. Часть построенных поперечных профилей показана на рисунке 1.

За последние 15 лет (1992-2007гг.) вычислительная мощность персональных компьютеров многократно возросла, также значительное развитие получили специализированные пакеты моделирования. Поэтому автор, для выполнения поставленной задачи, посчитал целесообразным разработать компьютерную модель.

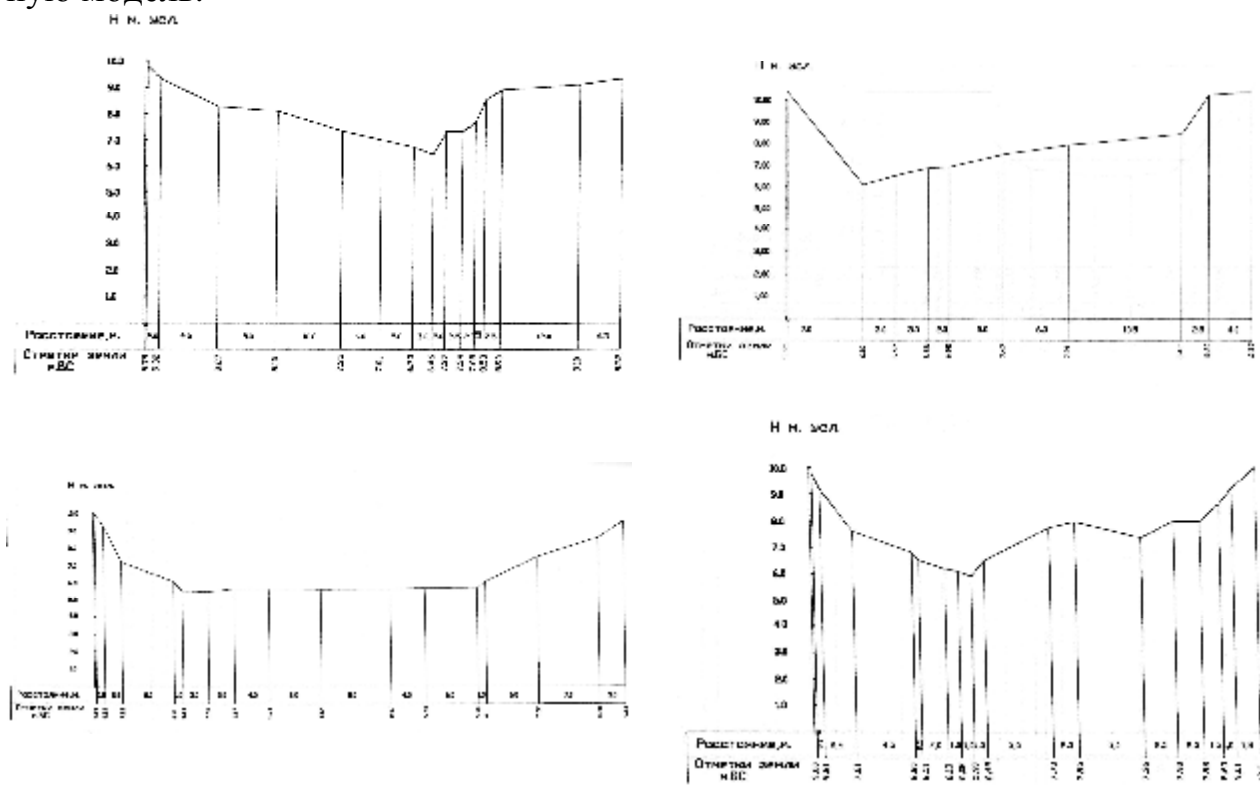


Рисунок 1 – Поперечные профили построенные по данным натурных исследований

Создание собственного пакета специализированных средств моделирования является достаточно длительным и дорогостоящим проектом. Поэтому ав-

тором было произведено сравнение уже существующих отечественных и зарубежных пакетов прикладных программ, используемых в России.

В результате, принят к ознакомлению один из программных продуктов крупнейшего в мире производителя программного обеспечения для моделирования водных объектов – датской компании DHI. MIKE 11 - является профессиональным пакетом программ и применяется для моделирования потоков, качества воды, транспорта наносов в реках, системах каналов и других водных объектах. Его основными преимуществами являются:

- «дружественный» инструмент одномерного моделирования для детального проектирования, управления и регулирования простых и сложных речных комплексов и систем каналов;

- возможность комплексного и эффективного природоохранного проектирования;

- возможность разработки схем использования водных ресурсов и управления качеством воды;

- работа в операционных системах Windows 95/98/2000/ NT;

- высокая скорость работы.

Кроме того, данный программный продукт применяется ведущими научными организациями России - Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова (ВНИИГиМ), Московским государственным университетом природообустройства (МГУП), ФГУ «Кубаньмелиоводхоз» и др.

### **Литература**

1. Водный кодекс Российской Федерации. – М.: Изд-во Омега – Л. 2006 – 112с. (в ред. Федерального закона №74 от 3 июня 2006г.)

2. Основные направления развития водохозяйственного комплекса России до 2010 года и план мероприятий по их реализации». Утверждены распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.05.2004. №742-р.

3. Раткович Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения. – М.:Наука, 2003.

4. Волосухин Я.В. О проблемах водохозяйственного комплекса в бассейне реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Гидравлика и механика на службе агропромышленного комплекса. Материалы междунар. конф. посвящ. 165-летию ДонГАУ, 22-23 сент. 2005 г.– пос. Персиановский, ДонГАУ, 2005. – С. 132-134.

5. Волосухин Я.В. О математическом моделировании паводка в бассейне реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Гидравлика и механика на службе агропромышленного комплекса. Материалы междунар. конф. посвящ. 165-летию ДонГАУ, 22-23 сент. 2005 г.– пос. Персиановский: ДонГАУ, 2005. – С. 134-137.

6. Волосухин Я.В. Проблемы мелиорации и охраны вод в бассейне реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Новые технологии и экологическая безопасность в мелиорации. Сборн. науч. докл. 3-й всероссийск. конф. молод. учен., г. Коломна 25-27 мая 2006 г. – Коломна, 2006. – С. 20-32.

7. Волосухин Я.В. О результатах проведенных натурных исследований реки Подкумок/ Я.В. Волосухин // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и

сооружений. Материалы VI междунар. науч. – практ. конф., г. Новочеркасск 9 июня 2006 г.: В 2 ч. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. – Ч. 2. - С. 43-46.

8. Волосухин Я.В. Современное использование водных ресурсов в бассейне реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Изв. высш. учебн. заведений. Северо-Кавказский регион. Техн. науки. – 2006. - №3. – С. 86-89.

9. Волосухин Я.В. Критерии математического моделирования паводкового расхода реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Минимизация вредного воздействия вод в период половодий и паводков, повышение эффективности ведения мониторинга водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений. Сборн. статей всероссийск. науч. – практ. конф., г. Махачкала: РИО ДГТУ, 2006. - С. 118-120.

10. Принципы создания информационно-аналитической управляющей системы каскада Волжско-Камских гидроузлов/Щербаков А.О., Талызов А.А., Румянцев И.С., Исмаилов Г.Х., Ермаков Г.Г., Нестман Ф., Кромер Р.//Мелиорация и водное хозяйство, 2006, №5, с.15-18.

УДК 556.18 (282.247.445.4)

## **РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В БАСЕЙНЕ р. ПОДКУМОК**

**Я.В. Волосухин**

ГОУ ВПО «Южно - Российский ГТУ», Новочеркасск, Россия

В 2005-2006 годах автором были осуществлены поездки на объект исследования – р. Подкумок, берущую начало в Карачаево-Черкесской Республике на горе Кумбаши и впадающую в с. Краснокумском Ставропольского края в р. Куму. В настоящее время в бассейне р. Подкумок построено 73 водоема (в т.ч. в Ставропольском крае 72 и Карачаево-Черкесской Республике – 1), из них 3 наливных водохранилища рекреационного назначения и одно водохранилище – русловое сезонного регулирования для водоснабжения (Эшкаконское).

Длина реки Подкумок 155 км, площадь бассейна 2220 км<sup>2</sup>, из чего следует что одно гидротехническое сооружение построено примерно на 2 км ствола реки или 30 км<sup>2</sup> бассейна реки.

Все водоемы (пруды), расположенные в пойме реки Подкумок – наливные, а на притоках - в основном русловые. Большинство прудов предназначены для рыбозаведения, орошения и обводнения, имеют площадь зеркала от 0,6 до 51 га и емкость от 4,2 тыс. м<sup>3</sup> до 1280 тыс. м<sup>3</sup>. Значительная часть прудов, построенных без проекта, имеют только земляные или примитивные железобетонные водосбросы, не пропускающие требуемые паводковые расходы, и донные водовыпуски, как правило, отсутствуют. На плотинах процветает бесхозяйственность: напорные откосы подмыты, земляные паводковые водосбросы превратились в растущие овраги.

Маловодность р. Подкумок делает ее непригодной для купания и водных видов спорта. Поэтому были построены три наливных водохранилища рекреа-

ционного назначения в городах Кисловодске, Ессентуках и Пятигорске с общей площадью водного зеркала 140 га и объемом 6,3 млн.м<sup>3</sup>.

Важнейшим гидротехническим сооружением объекта исследования является Эшкаконское водохранилище, которое обеспечивает водой питьевого качества г. Кисловодск и прилегающие населенные пункты Карачаево-Черкесской республики. Основные параметры водохранилища: площадь водосбора - 316 км<sup>2</sup>; полезный объем - 8,07 млн. м<sup>3</sup>; отметка НПУ - 1212 м, ФПУ – 1213,48 м, УМО - 1172,0 м. Основными сооружениями Эшкаконского водохранилища является: каменно-земляная плотина, поверхностный паводковый водосброс, водозаборные сооружения и строительно-эксплуатационный туннель.

Основные проектные параметры:

- каменно-земляной плотины: длина по гребню 220,0 м, ширина гребня 10,0 м, ширина по подошве 330,0 м, превышение гребня над НПУ 2,5 м;
- паводкового водосброса: отметка гребня водослива 1212,00 м, высота – 6 м, ширина подошвы водослива – 6,5 м, пропускная способность - 262,0 м<sup>3</sup>/с.
- водозаборного сооружения: два окна обеспечивают забор воды расходом 2,0 м<sup>3</sup>/с;
- строительно-эксплуатационного туннеля: длина 330 м, площадь поперечного сечения 15 м<sup>2</sup>, максимальным расход 5,16 м<sup>3</sup>/с.

Водоохранилище расположено на 12 км выше устья р. Эшкакон (длина реки 42 км, площадью водосбора 316 км<sup>2</sup>), которая берет начало на северном склоне горы Банасын на высоте 2343 м и протекает по территории Карачаево-Черкесской Республики, впадая в р. Подкумок у с. Учккен (среднегодовалый объем годового стока — 55,2 млн. м<sup>3</sup>). Основной сток реки (около 70%) проходит в весенне-летний период и образуется за счет выпадения атмосферных осадков и таяния высокогорных снегов в верхней части бассейна. В осенне-зимнюю межень сток реки обеспечивается питанием за счет подземных вод. Годовой ход уровня воды характеризуется растянутым половодьем в теплую часть года и низкой зимней меженью (октябрь — март). Наименьший сток в году и среднесуточные минимумы отмечаются в январе-феврале.

Строительство плотины Эшкаконского водохранилища было начато в 1979 г., завершено в 1989 г. Следует отметить, что с 9 сентября 1954 г. на р. Эшкакон эксплуатировалась русловая плотина, которая позволяла подавать 17 тыс. м<sup>3</sup>/сут воды г. Кисловодску, 18 тыс. м<sup>3</sup>/сут г. Лермонтову и 5 тыс. м<sup>3</sup>/сут г. Ессентуки. За прошедшие 50 лет водопотребление г. Кисловодска возросло более чем в 4 раза. Поэтому в 60-е годы XX века было принято решение о строительстве Эшкаконского водохранилища с производительностью очистных сооружений до 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

За прошедший сравнительно короткий период эксплуатации (менее 20 лет) на Эшкаконском водохранилище не работают водоспускные сооружения в виду их заиления, так же заилены нижние окна водозаборных сооружений.



Анализ сценариев возможных аварий показал, что чрезвычайные ситуации на сооружениях Эшкаконского водохранилища могут возникнуть в результате перелива воды через гребень каменно–земляной плотины и размыва ее в результате прохождения катастрофического паводка с расходом, превышающим пропускную способность водосбросного сооружения, возможного разрушения плотины в результате террористического акта или сейсмического воздействия.

Аварии могут привести к нарушению напорного фронта и появлению волны прорыва в нижнем бьефе, с вытекающими из этого последствиями и чрезвычайными ситуациями (затопление нижерасположенной территории, значительный материальный, социальный и экологический ущерб).

В случае аварии в зоне затопления оказываются населенные пункты Водовод, Учкеек, Рим-Горский, Джага, Красный Курган в Карачаево-Черкесской республике, а также Садовая долина, Нежинский, Кисловодск, Подкумок, Белый Уголь, Ессентуки, Пятигорск, Свободы, Горячеводский, Константиновская, Лысогорская, Незлобная, Георгиевск, Краснокумское в Ставропольском крае. В населенных пунктах проживает более 500 тыс. человек.

Проведенный анализ ГТС в бассейне реки Подкумок показал, что:

1. За 18 лет эксплуатации Эшкаконское водохранилище значительно заилено. В случае аварии, нарушения напорного фронта и появления волны прорыва в нижнем бьефе, в зоне затопления оказываются населенные пункты, в которых проживает более 500 тыс. человек;

2. На большом количестве ГТС процветает бесхозяйственность: напорные откосы подмыты, земляные паводковые водосбросы превратились в растущие овраги, отсутствуют проектная документация и какое бы то ни было расчетное обоснование сооружений на период эксплуатации;

3. Более 83% ГТС не имеют службы технической эксплуатации, на ГТС имеющих данную службу, большинство сотрудников, в том числе руководящего инженерного состава, не имеют необходимого гидротехнического образования и должной квалификации;

4. Проводимая ранее инвентаризация ГТС в бассейне р. Подкумок, фактически производилась визуально - без инструментальных оценок и расчета элементов ГТС, с учетом изменяющихся гидрологических и гидравлических условий и прочностных свойств материалов.

### **Литература**

1. Федеральный закон, 21.07.97 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений». Собрание законодательства РФ, 1997 №30, ст. 3589.

2. Постановление Правительства РФ от 16.10.97 №1320 «Об организации государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений». Федеральный закон, 21.07.97 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений». Собрание законодательства РФ, 1997 №42, ст. 4794.

3. Волосухин В.А., Бондаренко В.Л., Свистунов Ю.А. Безопасность гидротехнических сооружений: Учебное пособие. – Краснодар, КубГАУ, 2001-120с.

4. Волосухин Я.В. О техническом состоянии гидротехнических сооружений в бассейне реки Подкумок/ Я.В. Волосухин // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем. Материалы междунар. науч. – практ. конф., г. Москва 2006 г.: В 2 ч. – М.: МГУП, 2006. – Ч. 2. - С. 358-360.

5. Волосухин Я.В. О проблемах водохозяйственного комплекса в бассейне реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Гидравлика и механика на службе агропромышленного комплекса. Материалы междунар. конф. посвящ. 165-летию ДонГАУ, 22-23 сент. 2005 г.– пос. Персиановский, ДонГАУ, 2005. – С. 132-134.

6. Волосухин Я.В. Проблемы мелиорации и охраны вод в бассейне реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Новые технологии и экологическая безопасность в мелиорации. Сборн. науч. докл. 3-й всероссийск. конф. молод. учен., г. Коломна 25-27 мая 2006 г. – Коломна, 2006. – С. 20-32.

7. Волосухин Я.В. О результатах проведенных натурных исследований реки Подкумок/ Я.В. Волосухин // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений. Материалы VI междунар. науч. – практ. конф., г. Новочеркасск 9 июня 2006 г.: В 2 ч. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. – Ч. 2. - С. 43-46.

8. Волосухин Я.В. Современное использование водных ресурсов в бассейне реки Подкумок / Я.В. Волосухин // Изв. высш. учебн. заведений. Северо-Кавказский регион. Техн. науки. – 2006. - №3. – С. 86-89.

УДК: 627.152.121

## **АНАЛИЗ ПОПЕРЕЧНОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ТЕЧЕНИЯ В ИЗЛУЧИНЕ МЕАНДРИРУЮЩЕГО РУСЛА**

**М.А. Вольнов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Прогноз русловых процессов представляется весьма актуальным при строительстве гидротехнических сооружений (водозаборы, водовыпуски, мосты) в пределах излучин меандрирующих русел. Русловые деформации на таких участках рек в большой степени зависят от циркуляционных течений.

Ниже рассматривается задача по определению некоторых характеристик циркуляционного течения в пределах речной излучины, необходимых для анализа процессов транспорта наносов от вогнутого к выпуклому берегу и интенсивности русловых деформаций.

Уравнения гидродинамики для криволинейного в плане речного русла в цилиндрической системе координат могут быть записаны в виде:

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_j}{r} \frac{\partial u_r}{\partial j} + u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{u_j^2}{r} = g_r - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} + n \left( \Delta u_r - \frac{u_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_j}{\partial j} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_j}{\partial r} + \frac{u_j}{r} \frac{\partial u_j}{\partial j} + u_z \frac{\partial u_j}{\partial z} + \frac{u_r u_j}{r} = g_j - \frac{1}{r \cdot r} \frac{\partial p}{\partial j} + n \left( \Delta u_j - \frac{u_j}{r^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial j} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial t} + u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{u_j}{r} \frac{\partial u_z}{\partial j} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} = g_z - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial z} + n \cdot \Delta u_z, \quad (3)$$

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_j}{\partial j} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0, \quad (4)$$

где:  $\Delta$  - оператор Лапласа:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial j^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad (5)$$

$j, r, z$  – продольная, радиальная и вертикальная координаты;

$u_j, u_r, u_z$  – продольная, радиальная и вертикальная составляющие осредненной скорости;

$p, r, n$  - давление, плотность и коэффициент турбулентной вязкости жидкости;

$g_i$  - проекции силы тяжести на координатные оси.

Необходимо оговорить, что система (1-3) записана в приближенной форме в части слагаемых, выражающих представление градиентов турбулентных напряжений через компоненты девиатора осредненных скоростей деформаций в том отношении, что произведение производных скоростей деформации на градиенты турбулентной вязкости в данной записи опущены (приближение Буссинеска-Маккавеева).

В полном виде система (1-4) не решается. Для изучения скоростей  $u_j$  и  $u_r$ , эта система традиционно упрощается, исходя из следующих физических соображений, вполне приемлемых для речных потоков в криволинейных руслах:

- в продольном направлении потока вдоль криволинейной координаты  $s$  ( $ds = r dj$ ) течение потока квазиоднородно, все производные по угловой координате  $j$  малы и ими можно пренебречь;

- рассматривается криволинейный участок русла с радиусом кривизны  $r$ , большим настолько, что это позволяет в выражении для оператора Лапласа опустить как малые слагаемые, в знаменателе которых содержится  $r$  и  $r^2$ ;

- ускорения считаются малыми по сравнению со всеми остальными слагаемыми и все производные по  $t$  не учитываются;

- вертикальная составляющая осредненной скорости  $v_z$  и ее производные также считаются малыми и из дальнейшего рассмотрения исключаются;

- радиус плановой кривизны  $r$  расположен в горизонтальной плоскости, поэтому  $g_r = 0$ .

Эти стилизации использовались как классиками русловой гидродинамики Буссинеском и Маккавеевым, так и их последователями [1-4]. После упрощений система динамических уравнений (1-4) существенно упрощается до вида

$$-\frac{\partial}{\partial z} \left( n \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{u^2 j}{r} = 0, \quad (6)$$

$$-\frac{\partial}{\partial z} \left( n \frac{\partial u_j}{\partial z} \right) + g i_j - u_z \frac{\partial u_j}{\partial z} = 0, \quad (7)$$

$$-g - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial z} = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial z} = 0. \quad (9)$$

Из уравнения (8) следует, что давление по вертикали распределяется по гидростатическому закону. Интегрирование (8) дает

$$P = r g (H - z), \quad (10)$$

следовательно,

$$\frac{\partial P}{\partial r} = g \cdot r \cdot \frac{\partial H}{\partial r} = r \cdot g \cdot i_r \quad (11)$$

где:  $H$  – глубина потока;

$z$  – вертикальная координата, направлена от дна русла вверх.

Тогда уравнение (6) переписывается в виде

$$\frac{\partial}{\partial z} \left( n \cdot \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) - g i_r + \frac{u_j^2}{r} = 0, \quad (12)$$

в котором  $u_j$  так же, как и  $u_r$ , является функцией  $z$  в соответствии с уравнением (7).

Поскольку  $u_j$  – окружная (продольная) скорость, то, естественно, и уравнение (7) такое же, что и для равномерного турбулентного потока в прямолинейном русле с продольным уклоном  $i_j$ .

Это обстоятельство позволяет взять готовое решение для распределения продольных осредненных скоростей по глубине равномерного турбулентного потока. Как известно, в различных вариантах полуэмпирических теорий турбулентности получаются различные законы распределения осредненных скоростей по глубине турбулентного потока, однако, они могут осложнить интегрирование в условиях рассматриваемой задачи.

Желательно принятие такого выражения для турбулентной вязкости  $n$ , а, следовательно, и для распределения скорости  $u_j$ , которое позволит получить обозримое и удобное для инженерных расчетов аналитическое решение для распределения радиальной скорости  $u_r$  по глубине потока.

Именно такое решение и конструируется ниже.

Рассмотрим вначале уравнение (7), являющееся вспомогательным для получения решения уравнения (12). Первый интеграл уравнения (7) записывается в виде

$$v \cdot \frac{\partial u_j}{\partial z} = -g \cdot i_j \cdot z + C_1, \quad (13)$$

в котором постоянная  $C_I = g \cdot i_j \cdot H$  определяется из условия на свободной поверхности  $y \frac{\partial u_j}{\partial z} \Big|_{z=H} = 0$ , после чего

$$n \cdot \frac{\partial u_j}{\partial z} = g \cdot i_j (H - z) \quad (14)$$

Для дальнейшего интегрирования необходимо принять для  $n$  некоторую структурную зависимость от  $z$ .

Самое простое решение для распределения продольной скорости по глубине, как известно, получается в предположении  $n = const$  и было впервые получено Буссинеском. Однако, это решение дает удовлетворительное совпадение с экспериментальными данными только вне придонного слоя, т.е. в основной толще потока. Экспериментальные данные Лауфера и Нунера показали, что вне придонного слоя коэффициент турбулентной вязкости действительно почти не изменяется с глубиной.

Если же взять известное выражение для турбулентной вязкости:

$$n = \alpha \cdot u_* \cdot l, \quad (15)$$

где:  $\alpha = 0.4$  – постоянная Кармана;  $v_* = \sqrt{g \cdot H \cdot i_j}$  – динамическая скорость (характерный масштаб пульсации скоростей);  $l$  – линейный поперечный масштаб турбулентности, для которого из теоретических соображений можно принять зависимость

$$l = (H - z) \left( \frac{z}{H} \right)^{1/k}. \quad (16)$$

Тогда для  $n$  получаем

$$n = \alpha \cdot u_* \cdot (H - z) \left( \frac{z}{H} \right)^{1/k} \quad (17)$$

где:  $k$  – коэффициент, который по одному из вариантов полуэмпирической теории турбулентности [5] определяется формулой

$$k = \left[ 1 - 0.5 \left( \sqrt{1 + \frac{4\sqrt{g}}{f c_u}} - 1 \right) \right]^{-1}, \quad (18)$$

где:  $C_{uu}$  – коэффициент Шези.

Использование для  $n$  выражения (17) приводит к степенному закону изменения осредненной продольной скорости

$$u_j = u_{jH} \left( \frac{z}{H} \right)^n, \quad (19)$$

где  $u_{jH}$  – скорость на поверхности плоского потока, а  $n$  связано с  $k$  зависимостью

$$n = \frac{k-1}{k}. \quad (20)$$

Степенная зависимость (19) хорошо согласуется с экспериментальными данными о распределении осредненных скоростей по всей толщине потока вплоть до дна. Подставляя  $u_j$  из (19) в выражение (12), получим уравнение, доступное для интегрирования

$$\frac{\partial}{\partial z} \left( n \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) - g i_r + \frac{u_{jH}^2}{r} \left( \frac{z}{H} \right)^{2n} = 0. \quad (21)$$

Опуская промежуточные вычисления, приведем его аналитическое решение

$$u_r = \frac{(1+n)^2 \bar{u}_j H C_w}{n f \cdot r \sqrt{g}} \cdot \left[ f_1 \left( n \frac{z}{H} \right) + f_2(n) \right], \quad (22)$$

где

$$f_1 \left( n, \frac{z}{H} \right) = \left[ \left( \frac{z}{H} \right)^n + n \frac{(2-n)(3-n)}{2n+1} \frac{z}{H} - \frac{n(2-n)(3-n)}{2(n+1)} \left( \frac{z}{H} \right)^{2(n+1)} - 1 \right]$$

$$f_2(n) = \left[ \frac{n}{1+n} + \frac{n}{2} \frac{(2-n)(3-n)}{(1+n)(1+2n)(3+2n)} - \frac{n}{2} \frac{(2-n)(3-n)}{1+2n} \right].$$

Это и есть расчетное выражение для радиальной составляющей скорости циркуляционного течения в поперечном сечении потока в пределах его меандровой излучины.

Значение показателя степени  $n$  согласно зависимостям (18) и (20) при реальных значениях  $C_w$  является величиной, близкой к  $0,1 \div 0,2$ . Тогда, пренебрегая  $n$  по сравнению с единицей, можно получить приближенную формулу, пригодную для использования в практических расчетах (зависимость (23) была опубликована в работе (6))

$$u_r \approx \frac{\bar{u}_j H C_w}{n f \cdot r \sqrt{g}} \left[ \left( \frac{z}{H} \right)^n + 6n \frac{z}{H} - 3n \left( \frac{z}{H} \right)^2 - 1 \right], \quad (23)$$

Из этой зависимости видно, что  $u_r > 0$  в поверхностных слоях при  $\frac{z}{H} \rightarrow 1$ , и  $u_r < 0$  в придонных слоях при  $\frac{z}{H} \rightarrow 0$ . То есть, в поперечном сечении потока в пределах изогнутого в плане русла имеет место поперечное циркуляционное течение, в котором поверхностные скорости направлены от центра кривизны

или к вогнутому берегу, а донные скорости, наоборот, к центру кривизны или к выпуклому берегу.

Зависимость (23) позволяет количественно оценить параметры речного потока в пределах меандровых излучин и воздействие поперечного циркуляционного течения на русловые процессы, в частности: определить положение плоскости раздела разнонаправленных потоков в поперечном сечении; оценить транспорт наносов от вогнутого берега к выпуклому; разработать критерии меандрирования, прогнозировать скорость развития процесса меандрирования и др.

#### **Литература**

1. Маккавеев В.М., Коновалов И.М. Гидравлика. Л.-М., Речиздат, 1940.
2. Великанов М.А. Русловой процесс. М., Физматгиз, 1958.
3. Караушев А.В. Проблемы динамики естественных водных потоков. Л., Гидрометеоздат, 1960.
4. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. Л., Гидрометеоздат, 1962.
5. Войнич-Сяноженцкий Т.Г. Проблема устойчивости течения реальной жидкости в каналах конечной глубины. Изв. ТНИСГЭИ, 1968, т. 16,18
6. Волынов М.А. Гидродинамический анализ течения в излучине реки. Международная конференция «Экологические проблемы мелиорации». М., 2002г.

УДК: 556.18 (282.247.445.4)

### **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛА «ЕВРАЗИЯ»**

**М.А. Волынов**

ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

**В.А. Волосухин**

ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

Основные преимущества строительства канала «ЕВРАЗИЯ»:

- увеличение объема перевозок нефти из Каспийского моря и стран Средней Азии в Черное море в 3-4 раза и доход России до 30-40 млрд. долл. США в год;

- снижение стоимости перевозок между регионами Каспийского моря и стран Средней Азии в Черное море по сравнению с перевозками по Волго-Донскому судоходному каналу (ВДСК);

- возможность круглогодичного транспортирования нефти, в то время как по ВДСК это возможно только в период навигации (8-9 месяцев);

- укрепление политического и экономического влияния России на страны юго-восточных регионов и Европейского сообщества.

Для разработки бизнес-плана строительства канала «ЕВРАЗИЯ» и уточнения основных технико-экономических показателей необходимо создание ак-

ционерного общества и инвестирование затрат 2005 года в сумме 100 млн. рублей.

По предварительным оценкам реализация проекта строительства канала «ЕВРАЗИЯ» составит около 2-3 млрд. долл. США. Для сопоставления стоимость строительства трубопровода Тенгиз (Казахстан) - Новороссийск (Россия) составляла более 4 млрд. долл. США.

Альтернативами строительству канала «ЕВРАЗИЯ» являются реконструкция Волго-Донского канала и увеличение пропускной способности существующих трубопроводных магистралей.

Пропускная способность Новороссийского торгового порта в настоящее время составляет 37 млн. т сырой нефти, в перспективе она может быть доведена до 55 млн. т в год наливных грузов.

Пропускная способность Туапсинского морского торгового порта оценивается около 8 млн. тонн наливных грузов. В перспективе при существенных капитальных вложениях на реконструкцию и строительство нового глубоководного нефтеналивного комплекса она может быть доведена до 17 млн. т наливных грузов.

Общий объем грузоперевозок по Волго-Донскому каналу в настоящее время составляет 3,2 млн. т, из них 75 % (2,3 млн. т) приходится на экспорт.

Сдерживающими факторами развития перевозок по Волго-Донскому каналу являются:

- ограничение грузоподъемности судов до 5 тыс. т;
- сравнительно невысокая глубина водного пути - 3,3 м;
- сезонность навигации (8-9 месяцев);
- высокий износ ГТС, например, физический и моральный износ Кочетовского гидроузла (построен в 1920 г.) составляет 100%.

Развитие перевозок по водному пути Каспийское море – р. Волга - Волго-Донской канал – р. Дон - Азовское море - Черное море требует существенных капитальных вложений.

Общий объем грузовых транспортных перевозок по транспортным коммуникациям юга России (трубопроводы, железнодорожный транспорт, водный транспорт) в настоящее время составляет около 50 млн. т наливных грузов (нефть сырая и нефтепродукты).

Строительство канала “Евразия”, несомненно, принесет высокие экономические выгоды Российской Федерации и субъектам Южного федерального округа, а также усилит геополитическую роль России в Каспийском регионе.

Соединение Черного и Каспийского морей по Манычской впадине начало исчезать только за 2000 лет до нашей эры. Во времена Геродота, жившего 2400 лет назад, соединение между морями еще существовало, хотя уже и было мелководным. Полное прекращение связи наступило после того, как уровень Кас-



пия упал примерно на 26 метров ниже уровня мирового океана. В VII веке нашей эры уровень Каспия достиг наименьшего значения – 56 м.

Первый инженерный проект судоходно-ирригационного канала, соединяющего Каспийское и Азовское моря по долинам Западного и Восточного Маныча, был разработан, по результатам натуральных изысканий, инженером М.А. Даниловым в 1878-1882 г.г. С помощью Манычского судоходно-ирригационного канала предполагалось оросить 437 тыс. га, что позволило бы обеспечить его окупаемость за 3-4 года. Для питания канала в целях судоходства необходима была подача воды в объеме 49 м<sup>3</sup>/с. Воду предполагалось подать из р. Терек, при водозаборе Q=117 м<sup>3</sup>/с (для целей орошения, обводнения и судоходства, по трассе нынешнего Терско-Кумского и Кумо-Манычского каналов) и р. Кубань, при водозаборе Q=68 м<sup>3</sup>/с (по трассе нынешнего Невинномысского канала и р. Егорлык).

Движение по Манычскому судоходно-ирригационному каналу предполагалось перспективным судами река-море, вместимостью 400 тыс. пудов (6,56 тыс. т), с годовым объемом перевозимых грузов до 80 млн. т (в 5 раз больше, чем проектная пропускная способность канала Волга-Дон).

В дальнейшее совершенствование проекта большой вклад внесли профессора инженерно-мелиоративного факультета (ныне НГМА) Донского политехнического института А.С. Аксамитный, А.Я. Милович, М.М. Гришин, Н.Д. Келиманов и др., инженеры Ф.П. Моргуненко, А.Ф. Самохин и др. Профессор Б.А. Шумаков (НИМИ) в 1932 г. предложил проект, где питание Манычского судоходно-ирригационного канала обеспечивалось водами Дона, Кубани и Терека (рис. 1).

Большое значение для обоснования проекта имели данные комплексных натуральных гидрологических изысканий, выполненных под руководством выпускника инженерно-мелиоративного факультета (ныне НГМА) Донского политехнического института А.Ф. Самохина.

Строительство Манычской системы началось в 1932 году управлением “Манычстрой”, созданным в Ростове-на-Дону. 22 июня 1933 г. Рабочая гипотеза Манычского водного пути была одобрена Госпланом СССР.

Проектом предусматривалось орошение водами р. Терек – 500 тыс. га, р. Кубань – 800 тыс. га и р. Дон – 700 тыс. га. Итого суммарно вводилось в субъектах нынешних границ Южного федерального округа 2 млн. га, в том числе 1 очередь – 500 тыс. га.

Грузооборот водного пути рассчитывался на уровне 20 млн. т в год (на 25% больше чем проектный грузооборот по Волго-Донскому каналу). Основные суда – река-море, грузоподъемностью 5 тыс. т. Для питания канала необходимо было 0,67 км<sup>3</sup> воды (Q<sub>ср</sub>=21,3 м<sup>3</sup>/с), что составляло 16,5% от проектного водозабора. 41,8% забираемой воды из рек Дона, Кубани и Терека предполагалось использовать для обводнения и орошения и 41,7% требовалось для покрытия по-

терь на испарение и фильтрацию воды, ввиду земляного русла канала. В перспективе предполагалось доведение площади орошаемых земель в бассейне Манычского канала до 4,15 млн. га.



Рисунок 1 - Проект трассы Манычского водного пути 1932 г.

Однако, строительство Манычского водного пути было прервано Великой отечественной войной (ВОВ). Было построено только 3 из 8 шлюзов (Усть-Манычский, Веселовский и Пролетарский). Реконструкция разрушенного во время ВОВ, позволила только в 1949 г. открыть движение грузовых судов от Ростова до станции Пролетарской, т.е. на 179 км западного участка Маныча. В 1952 г., после ввода Волго-Донского канала работы по Манычскому водному пути были приостановлены в связи с недостаточностью грузооборота, на тот период времени. Мелиоративные работы в 60-е – 70-е годы в бассейне Манычского водного пути были значительно сокращены.

За прошедший период произошли существенные изменения. Так, более 50% грузооборота через Волго-Донской канал составляют нефть и нефтепродукты, тогда как транспортировка Каспийской нефти (годовой объем до 200 млн. тонн), короче по каналу “Евразия” почти на 800 км.

Использование свежей воды в России за период с 1990 по 2005 гг. снизилось в 1,57 раза с 96,15 км<sup>3</sup> до 61,34 км<sup>3</sup>, а оборотной и повторно используемой в 1,26 раза, со 170,56 км<sup>3</sup> до 135,46 км<sup>3</sup>.

После 55 лет непрерывной эксплуатации сооружения Волго-Донского канала – Цимлянский гидроузел, 13 шлюзов, 3 насосные станции, а также Николаевский и Константиновский гидроузлы – требуют реконструкции.

Развитие водного транспорта имеет приоритетное значение для ЮФО. С его помощью в настоящее время осуществляется 35% всего грузооборота в регионе (в 2006 г. грузооборот составил 177,1 млрд. т/км, что на 33.8% выше значения 2005 г.).

Канал “Евразия” повышает престиж России путем предоставления международного водного транспортного коридора “Север-Юг”, который сокращает срок перевозок более чем в 2 раза, по сравнению с Суэцким каналом.

В настоящее время в бассейн Западного и Восточного Маныча подается более 2 км<sup>3</sup> воды из рек Дона, Кубани и Терека. Наибольший объем воды поступает в бассейн р. Маныч по Невинномысскому каналу, 1,37-1,40 км<sup>3</sup>/год, по Большому Ставропольскому каналу – от 0,16 до 0,20 км<sup>3</sup>/год. По Садковской и Пролетарской ветви Донского магистрального канала поступает 0,30 – 0,50 км<sup>3</sup>/год донской воды, по Кумо-Манычскому каналу ( $Q_{\max}=60 \text{ м}^3/\text{с}$ ) подается в Чограйское водохранилище 0,5-0,6 км<sup>3</sup>/год Терской воды.

Для судоходства с использованием судов типа “река-море”, грузоподъемностью до 10 тыс. т при использовании современных технологий для канала “Евразия” достаточно 0,5 км<sup>3</sup>. Для оздоровления водохозяйственной обстановки в бассейне Маныча необходимо проведение комплексных НИР.

## ВЫВОДЫ

1. Строительство канала “Евразия” целесообразно производить при его комплексном использовании для целей орошения, обводнения земель, судоходства, рыбозаведения и улучшения экологической обстановки в бассейне Маныча.

2. Проектированию канала “Евразия” должны предшествовать научно-исследовательские работы по обобщению накопленного материала и с учетом современного и перспективного использования водных и земельных ресурсов региона.

УДК: 556.18 (282.247.445.4)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И БЕЗОПАСНОСТЬ ГТС В БАССЕЙНЕ Р. КУБАНЬ

**М.А. Волынов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

**В.А. Волосухин**

ФГОУ ВПО НГМА, Новочеркасск, Россия

В гидрографических характеристиках р. Кубань за ее исток принято место слияния рек Уллукам и Уччулан при этом длина реки равна 870 км. В то же время на уточненных топографических картах за исток реки принимается лед-

ник Уллукам, находящийся на западном склоне г. Эльбрус на высоте 3080 м. В соответствии с этим длина р. Кубань должна быть равна 906 км и площадь водосбора 57900 км<sup>2</sup>. Река Кубань протекает по четырем субъектам Южного федерального округа: Карачаево-Черкесская Республика, Ставропольский край, Краснодарский край и Республика Адыгея.

По данным за 2005 г. в этих субъектах ЮФО забиралось воды на народно-хозяйственные нужды – 12199,7 млн. м<sup>3</sup>, в том числе по субъектам – Карачаево-Черкесская Республика – 3122,8 млн. м<sup>3</sup> (25,6%), Ставропольский край – 1629,0 млн. м<sup>3</sup> (13,4%), Республика Адыгея – 116,5 млн. м<sup>3</sup> (1,0%), Краснодарский край – 7331,4 млн. м<sup>3</sup> (60,0%).

Южный федеральный округ – крупнейший потребитель свежей воды в Российской Федерации (32% общего объема забора воды в Российской Федерации, в то время как в ЮФО проживает 16% населения страны). В ЮФО входят 13 субъектов Федерации, забор воды в 4 отмеченных субъектах составляет 47,8%.

В Южном федеральном округе проживает 22914,2 тыс. чел., то есть потребление воды на 1 человека в год составляет – 1115 м<sup>3</sup>. В четырех субъектах ЮФО, по которым протекает р. Кубань, проживает – 9202,4 тыс. чел., то есть водопотребление в расчете на каждого жителя этих 4 субъектов составляет – 1325,7 м<sup>3</sup>/год, что более чем в 2 раза выше, чем на каждого россиянина в среднем (429,5 м<sup>3</sup>/год).

Приведем объем забираемой воды по субъектам ЮФО, по которым протекает р. Кубань: Карачаево-Черкесская Республика – 3467,9 м<sup>3</sup>/год на человека, Ставропольский край – 596,6 м<sup>3</sup>/год, Республика Адыгея – 260,6 м<sup>3</sup>/год, Краснодарский край – 1430,7 м<sup>3</sup>/год.

Большой объем забираемой воды на человека в Карачаево-Черкесской Республике объясняется тем, что учтен объем забираемой воды водозабором Большого Ставропольского канала и используемой населением и объектами экономики Ставропольского края. Если эти два субъекта в расчете соединить, как это и было ранее, то забор воды в год на одного человека составит 1308,7 м<sup>3</sup>/год.

Приведем объем сбрасываемых сточных вод в водные объекты, по которым протекает река Кубань: 5765,3 млн. м<sup>3</sup>/год (47,3% от забираемой воды), в том числе загрязненных – 1092,8 млн. м<sup>3</sup>/год (19,0% от сбрасываемых сточных вод).

Площадь 4 субъектов, по которым протекает р. Кубань, 164,2 тыс. км<sup>2</sup>; площадь водосбора реки - 57,9 тыс. км<sup>2</sup> (35,3% от общей площади этих субъектов). Среднегодовой объем общего стока (местного и притока) по отмеченным 4 субъектам составляет 36,97 км<sup>3</sup>/год и в расчете на 1 проживающего – 4017,4 м<sup>3</sup>/год, а забирается – 1325,7 м<sup>3</sup>/год (33,0%).

Большая часть рассматриваемой территории лежит в зоне дефицита водных ресурсов. В среднем за последние 10 лет по данным «Государственного водного кадастра» в бассейне реки Кубань забрано воды из речной сети –10,37 км<sup>3</sup>/год (96,2%) и из подземных водных источников – 0,41 км<sup>3</sup>/год (3,8%), что составляет 84,9% от наблюдаемого годового стока р. Кубань в этот период.

Забор воды в Большой Ставропольский канал в последнее десятилетие на 14...15% выше плановых заданий (в 2004г. плановое задание –2014 млн. м<sup>3</sup>/год), в чем заинтересованы энергетики, использующие наливное Кубанское водохранилище полезной емкостью 500 млн. м<sup>3</sup>.

Забор воды в Невинномысский канал, построенный в 1948г., в последние годы на 10...15% ниже плановых заданий (в 2004г. – 885 млн. м<sup>3</sup>/год), что связано со снижением рентабельности агропромышленных предприятий.

Суммарный забор воды в два эти канала составляет 3040...3075 млн. м<sup>3</sup>/год. По данным Кубанского бассейнового водного управления использование свежей воды в 2004 – 2005 г. по отраслям экономики выражается в следующих пропорциях: сельское хозяйство – 48,1%, промышленность – 40,1%, жилищно-коммунальное хозяйство – 10,4%, прочие отрасли – 1,4%.

По результатам обследований и проверок гидротехнических сооружений Кубанским БВУ и другими научными, проектными и образовательными организациями в 2004 году сделан анализ современного технического состояния ГТС, который показал, что из 3254 сооружений, находящихся на балансе Федерального агентства водных ресурсов, 1654 ГТС (51%) находятся в удовлетворительном состоянии, 1317 ГТС (40%) требуют ремонта, 283 ГТС (9%) – в предаварийном состоянии (табл. 1).

Таблица 1 - Анализ современного технического состояния ГТС  
Федерального агентства водных ресурсов

Субъект РФ	Проинвентаризовано	Техническое состояние				Из них бесхозных
		Удовлетворительные	Требуют ремонта	Предаварийные	Аварийные	
Краснодарский край	2194	1138	850	206	-	740
Ставропольский край	639	320	270	49	-	22
Карачаево-Черкесская Республика	141	59	82	-	-	-
Республика Адыгея	280	137	115	27	1	10
Итого:	3254	1654	1317	282	1	772

Значительное количество (49%) небольших водохранилищ объёмом до 1,0 млн. м<sup>3</sup> имеет неудовлетворительный или низкий уровень безопасности. Это обусловлено следующими факторами:

- большинство сооружений построены хозспособом (без проектных документов);
- значительная часть водопропускных сооружений имеет недостаточную пропускную способность;
- большинство сооружений имеет длительный срок эксплуатации (50-60 лет);
- возникновение новых форм собственности на ГТС, когда новый собственник не имеет соответствующей материальной базы и персонала для их содержания и эксплуатации.

Крупные гидротехнические сооружения находятся в несколько лучшем состоянии, благодаря проводимым ежегодно ремонтно-восстановительным работам (особенно после прохождения паводков) и постоянному наблюдению за состоянием ГТС со стороны служб эксплуатации этих объектов. Но этого недостаточно для поддержания их в состоянии, соответствующем нормам и правилам безопасности ГТС, т.к. долгое время они эксплуатировались без капитальных ремонтов и практически на всех крупных гидротехнических сооружениях имеются серьёзные технические проблемы, без решения которых дальнейшая эксплуатация их не возможна.

При проектировании и строительстве ГТС закладывалась сейсмостойкость сооружений в 6 баллов (согласно техническим требованиям на год их строительства). В связи с переводом в 8-ми бальную зону сейсмичности появилась необходимость реконструкции и усиления существующих сооружений или изменения их режима эксплуатации для соответствия современным требованиям.

Обследованием установлено, что на основанных гидротехнических сооружениях бассейна р. Кубань имеют место следующие нарушения и дефекты:

*Усть-Джегутинский гидроузел*

- значительно изношены металлоконструкции и уплотнения сегментных затворов водосбросного сооружения;
- разрушены железобетонные конструкции гасителей водобойной части колодца, размыв грунт в откосах отводящего тракта р. Кубань;
- имеются пустоты под железобетонным креплением верхового откоса земляной плотины;
- обнаружены деформационные фильтрации в основании быстротока водосбросного сооружения.

*Невинномысский гидроузел*

- не исследовано состояние основания после катастрофического паводка 2002г., а также устойчивость сооружения на текущий период;

- необходимо проведение регуляционных и берегоукрепительных работ в верхнем и нижнем бьефах гидроузла;
- требуется автоматизация управления гидроузлом.

#### *Краснодарское водохранилище*

- не обеспечен безопасный пропуск паводков редкой повторяемости гидротехническими сооружениями гидроузла из-за недостаточной пропускной способности обвалованного русла р. Кубань;
- не обеспечена прочность и устойчивость ГТС гидроузла на ныне принятую сейсмостойкость;
- имеют место нарушение фильтрационной прочности грунтов и устойчивости отдельных конструкций в нижнем бьефе водосбросного сооружения;
- физический износ части гидромеханического оборудования водосбросного сооружения превышает допустимый уровень;
- имеют место локальные разрушения железобетонного крепления земляных сооружений;
- физический износ дренажных скважин земляных сооружений превысил критический уровень;
- физический износ основного оборудования 6-ти дренажных насосных станций превысил критический уровень;
- деформация сборного трубчатого коллектора дренажа земляной плотины.

#### *Федоровский гидроузел (ФГУ)*

- гидромеханическое оборудование водосбросных и водовыпускных сооружений гидроузла, а также судоходного шлюза ФГУ фактически изношено и требует срочной замены;
- необходима реконструкция нижнего бьефа водосбросной плотины.

#### *Головное сооружение Крюковского водохранилища*

- необходимо выполнить пригрузку низового откоса и восстановить крепления верхового откоса земляной плотины на длине 12 км;
- необходимо выполнить капитальный ремонт и увеличить пропускную способность водосбросного сооружения;
- следует срочно усилить дамбы обвалования и расчистить Крюковский соединительный канал на длине 15 км.

#### *Головное сооружение Варнавинского водохранилища*

- имеют место оползневые явления низового откоса и разрушения крепления верхового откоса земляной плотины на длине 30 км;
- зафиксировано частичное разрушение дамб на длине 5 км и заиление Варнавинского сбросного канала на длине 24 км;

#### *Дамбы обвалования Нижней Кубани*

- снижение пропускной способности до 1200 м<sup>3</sup>/с (проект 1500 м<sup>3</sup>/с);

– на отдельных участках гребень дамбы понижен до 80 сантиметров от проектных отметок, откосы и гребень заросли древесно-кустарниковой растительностью;

– необходима срочная реконструкция дамб обвалования на протяжении 346,85 км.

В особом ряду стоит Шапсугское водохранилище, которое является одним из важнейших звеньев в противопаводковой защите Нижней Кубани. Водохранилище введено в эксплуатацию в 1952 году, за все время его существования не проводилось капитального ремонта. В настоящее время оно находится в аварийном состоянии и выведено из эксплуатации, что значительно осложнило условия пропуска паводков в низовье Кубани.

До настоящего времени эксплуатация гидроузлов и водохранилищ осуществляется различными ведомствами: Краснодарское водохранилище находится на балансе МПР России; Кубанское водохранилище - на балансе Минэнерго; водохранилища (Крюковское, Варнавинское, Шапсугское), гидроузлы, каналы и дамбы обвалования Нижней Кубани - на балансе Минсельхоза России; судоходный шлюз Федоровского гидроузла - на балансе Минтранса. Межсубъектная и ведомственная разобщенность создает существенные трудности в регулировании использования стока и пропуска паводков, так как зачастую интересы ведомств расходятся. Для приведения ГТС в надлежащее состояние необходимо выполнить долгосрочные мероприятия на сумму - 8141,9 млн. руб., среднесрочные - 1501,1 млн. руб. и краткосрочные - 723,3 млн. руб. (Всего 10366,3 млн. руб.)

В соответствии с Федеральным законом №117 от 21.07.97 г. «О безопасности гидротехнических сооружений» и во исполнение Постановления Правительства Российской Федерации №237 от 27.02.99 г. «Об утверждении Положения об эксплуатации гидротехнического сооружения и обеспечении безопасности гидротехнического сооружения, разрешение на строительство и эксплуатацию которого аннулировано, а также гидротехнического сооружения, подлежащего консервации, ликвидации либо не имеющего собственника», для обеспечения безопасности ГТС должны быть приняты следующие меры:

– главами администраций городов и районов в субъектах зоны деятельности БВУ должна быть изучена информация о результатах проведенной инвентаризации на их территориях, содержащая данные о принадлежности, параметрах, состоянии и точном месторасположении гидротехнических сооружений и приняты конкретные решения;

– по гидротехническим сооружениям в предаварийном и аварийном состоянии собственниками должны быть проведены оперативные меры по приведению их в надлежащее состояние, соответствующее нормам и правилам безопасности ГТС;



– по бесхозным гидротехническим сооружениям, до принятия решения о дальнейшей их судьбе, главами администраций районов должны быть приняты необходимые решения к обеспечению безопасности.

В зоне деятельности Кубанского БВУ эксплуатируется 284 комплекса очистных сооружений, осуществляющих сброс сточных вод в природные водные объекты.

Большинство очистных сооружений было построено в 70-х годах, а некоторые и в более раннее время. За последние 10 лет практически прекратилось строительство и ввод в эксплуатацию новых очистных сооружений. Существующие сооружения по очистке вод эксплуатируются по 20-30 лет без проведения реконструкции по внедрению передовых технологий очистки. Применяемые схемы очистки морально устарели, оборудование физически изношено, сооружения по доочистки не внедряются. Некоторые комплексы очистных сооружений перегружены объемами воды и требуют расширения мощности. В последние годы из-за отсутствия средств проводились в основном мероприятия по капитальному ремонту очистных сооружений, которые позволяли поддерживать их в технически исправном состоянии, однако не обеспечивали снижения сброса загрязняющих веществ в природные водные объекты.

По-прежнему большинство комплексов сооружений по очистке сточных вод не обеспечивает их очистку до установленных нормативов.

Во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 17.09.97 г. № 490 «О порядке формирования и ведения Российского Регистра гидротехнических сооружений» в Кубанском БВУ освоена и введена в эксплуатацию программа подготовки данных Российского Регистра ГТС в электронном виде (ППД). Внесены в Российский Регистр ГТС только 2% (78 ГТС), в том числе: по Краснодарскому краю - 39 ГТС; по Ставропольскому краю - 27 ГТС; по Республике Адыгея - 9 ГТС; по Карачаево-Черкесской республике - 3 ГТС.

Работы по формированию Регистра осложняются отсутствием, в ряде случаев, собственников ГТС, особенно на дамбы и водопропускные сооружения.

Приказом Министерства природных ресурсов РФ от 02.03.1999 г. №39 определена программа декларирования безопасности ГТС. На конец 01.07.2004 года разработаны декларации безопасности только по 29-ти гидротехническим сооружениям (0,89%), в том числе:

- в Краснодарском крае - 18 шт.;
- в Ставропольском крае - 7 шт.;
- в Республике Адыгея - 1 шт.;
- в Карачаево-Черкесской Республике - 3 шт.

Из них утверждены декларации на 0,31% ГТС (Краснодарское, Крюковское, Варнавинское, Неберджаевское водохранилища, Фёдоровский гидроузел, накопители сточных вод АООТ «Минудобрения» г. Белореченск, Зеленчукские

ГЭС, Каскад Кубанских ГЭС, хвостохранилище Урупского ГОК, Белореченская ГЭС). 19 «Деклараций ...» находятся на утверждении в уполномоченных на это надзорных органах.

Срок действия декларации безопасности Краснодарского водохранилища, разработанной в 1998 г., истёк. Специализированной комиссией проведено повторное преддекларационное обследование ГТС водохранилища и в настоящее время ОАО «Кубаньводпроект» ведёт активную разработку новой декларации безопасности.

Декларация безопасности Шапсугского водохранилища, находящегося на территории Республики Адыгея, утратила свою силу по причине аварийного состояния ГТС водохранилища и истечения срока действия «Декларации...» (утверждена 1998 г.)

Еще более худшее положение с безопасностью ГТС, находящихся на балансе Минсельхоза России. В ЮФО в настоящее время функционирует 135 потенциально опасных ГТС, находящихся в ведении Минсельхоза России. Для приведения их в безопасное состояние необходимо 27,1 млрд. руб., что в несколько раз превышает объем годового финансирования мелиоративных и водохозяйственных организаций России, а не только ЮФО. На разработку и экспертизу декларации безопасности ГТС необходимо в год не менее 20 млн. руб., таких денег Минсельхоз России не выделяет.

Бассейн реки Кубани и зона ее влияния относятся к одному из наиболее сложных в водохозяйственном отношении районов.

С одной стороны - это зона недостаточного увлажнения, где интенсивно развито орошаемое земледелие, требующее значительных водных ресурсов. Вместе с другими отраслями народного хозяйства (гидроэнергетикой, промышленностью и коммунальным хозяйством) в маловодные годы из р. Кубань забираются объемы воды близкие к годовому стоку. Высокий коэффициент использования поверхностного стока связан с эксплуатацией мощного водохозяйственного комплекса, в который входит крупнейшее на Северном Кавказе Краснодарское водохранилище, 5 гидроузлов, Большой Ставропольский и Невинномысский каналы, обеспечивающие водой практически несколько субъектов ЮФО.

С другой стороны - это зона с очень сложным формированием стока, где формирование паводков может проходить в любое время года, причем на большей части территории они проходят скоротечно, труднопрогнозируемо и зачастую наносят значительные ущербы.

В последние годы проявились и продолжают обостряться сложные проблемы, препятствующие нормальной эксплуатации водохозяйственного комплекса и значительно снижающие его эффективность. В первую очередь к ним относятся:

- низкий уровень технической безопасности таких крупных ГТС, как

Усть-Джегутинский гидроузел, Крюковское водохранилище, не отвечает требованиям безопасной эксплуатации ГТС и создает угрозу аварийных ситуаций;

- аварийное состояние Шапсугского водохранилища, предназначенного для регулирования стока части левобережных притоков р. Кубань, в настоящее время не выполняет свои функции;

- ненадёжная противопаводковая система Нижней Кубани, из-за неудовлетворительного технического состояния водохранилищ (в первую очередь Краснодарского) и обвалования р.р. Кубань и Протока, - в зоне риска наводнения находятся 600 тыс. га сельскохозяйственных земель и населенные пункты с общей численностью населения 300 тыс. человек;

- напряженный водохозяйственный баланс;

- негативное воздействие водохранилищ (в первую очередь Краснодарского) на прилегающие территории (подтопление, переработка берегов и др.);

- ухудшение условий воспроизводства проходных рыб;

- опасность затопления территорий из-за снижения пропускной способности каналов переброски стока в результате их зарастания и заиления.

Имеющие место изменения климатических условий и условий формирования стока, связанные с антропогенной деятельностью, привели к участвующимся проявлениям экстремальных ситуаций в бассейне (высокие наводнения, маловодья).

Существующая в настоящее время система управления водными ресурсами и проводимые мероприятия по защите от вредного воздействия вод не достаточно эффективны. В первую очередь это связано с ведомственной и административной разобщенностью.

Все это требует формирования и осуществления единой государственной политики, гарантирующей устойчивое водопользование и функционирование водохозяйственного комплекса, защиту территорий от вредного воздействия вод; согласование потребностей населения и экономики в воде с возможностями экологических систем.

### **Возрастание риска аварий на ГТС**

Изменение экономической системы в стране привели к смене собственника на этих объектах (некоторые из них остались бесхозными), утере необходимых в данном случае директивных мер по обеспечению работоспособного состояния сооружений. Экономические и финансовые трудности отодвинули на неопределенное время выполнение необходимых ремонтных и предупредительных мероприятий, резко снизили профессиональный уровень эксплуатационного персонала, что не замедлило сказаться на состоянии сооружений, их надежности, а следовательно, на безопасности населения и имущества в зоне возможного поражения от гидроузлов.

Прослеживается тенденция старения гидротехнических сооружений. Большинство малых гидроузлов были построены, в основном, хозяйственным способом, без проектно-сметной документации, с низким качеством, они предназначены преимущественно для сельскохозяйственных предприятий, которые в настоящее время не могут обеспечить поддержание их в технически исправном состоянии. Для данного класса сооружений по условиям обеспечения безопасности срок эксплуатации 30 и более лет является критическим. Доля таких, в зоне р. Кубань, превышает 50 %. У 20 % сооружений, имеющих износ 80 % и более, срок ввода в эксплуатацию не установлен.

Основными причинами аварий на ГТС являются:

- неудовлетворительное техническое состояние и низкий уровень эксплуатации;
- дефекты при строительстве;
- неправильная оценка гидрологической обстановки;
- ошибки при проектировании.

Анализ состояния гидротехнических сооружений выявил значительное количество объектов с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности. Как следствие, требуют ремонта 40 % сооружений, в предаварийном состоянии 9%.

Наибольшее количество гидросооружений с неудовлетворительным состоянием расположено на реках степной зоны, где имеются в основном низконапорные дамбы с водопропускными трубами в теле дамб, без крепления в верхнем и нижнем бьефах.

Техническое состояние и связанная с ним аварийность ГТС, во многом определяются наличием и квалификацией эксплуатационного персонала. Эксплуатация сооружений собственниками оценивается надзором как неудовлетворительная.

На большинстве ГТС нет служб эксплуатации. Лишь крупные гидроузлы имеют укомплектованный и квалифицированный персонал, поэтому большинство собственников и эксплуатирующих организаций не способны выполнять требования ст. 9 Федерального закона "О безопасности ГТС" в части ведения мониторинга технического состояния, проведение регламентных работ и ремонтов, подготовки к пропуску паводков.

Гидротехнические сооружения (берегоукрепления, защитные дамбы) строящихся за счет операционных средств и других не фондообразующих средств субъектов федерации, не передавались на баланс, часть из них оказались бесхозными и не имелось необходимых средств на их ремонт и содержание.

Сократилась сеть гидрологических постов и метеорологических станций Росгидромета, низкий уровень их технического обеспечения, отсутствие надежных средств связи, сокращение объёмов экспедиционных пеших снего-

съемок, прекращение аэроснегосъемок привели к ухудшению качества долгосрочных и краткосрочных гидрологических прогнозов.

Для эффективного решения проблем по пропуску паводков необходимо выполнить комплекс организационно-технических мероприятий, в который прежде всего входит:

- передача ГТС в бассейне р. Кубань реальным собственникам;
- реконструкция и капитальный ремонт Крюковского, Шапсугского водохранилищ и системы обвалования Нижней Кубани (собственник - Минсельхоз России);
- форсирование работы по определению собственников (балансодержателей) защитных гидротехнических сооружений в бассейне р. Кубань (органу исполнительной власти субъекта);
- восстановление в бассейне р. Кубань в необходимом количестве гидрологических постов, повышение качества краткосрочных и, особенно, долгосрочных прогнозов и обеспечение территориальных органов оперативной информацией о гидрометеорологической обстановке в полном объеме на безвозмездной основе (Росгидромет);
- законодательная проработка и внедрение системы страхования ГТС и объектов, находящихся на паводкоопасных территориях.

УДК 626/627 (571.61/.64)

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ ЗЕМЕЛЬ ОТ НАВОДНЕНИЙ В ДОЛИНАХ РЕК С ДОЖДЕВЫМ ПАВОДОЧНЫМ РЕЖИМОМ**

**С.А. Гавриков, В.Л. Головин**

ФГУП ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

Одним из наиболее ливнеопасных районов России является южная материковая часть Дальнего Востока (Амурская область, Хабаровский и Приморский края). Частые и нередко катастрофические наводнения, вызываемые дождевыми паводками, здесь являются характерной чертой водного режима рек и во многом определяют развитие экономики.

Наиболее значительные ущербы наводнения причиняют сельскому хозяйству, особенно земледелию в долинах рек в Приморском крае. Как правило, наводнения происходят в период созревания урожая и приводят к существенным потерям продукции в сельскохозяйственном производстве. Пропускная способность русел рек не обеспечивает прохождение паводков уже при 25% обеспеченности их расходов, а в отдельных случаях выход паводковых вод на пойму происходит при обеспеченности 50%. По данным выполненных оценок (А.В. Стоценко, 1958 г; Л.М. Устиновская, 1972 г.), общая площадь затопления при

катастрофических наводнениях в Приморском крае достигает 11 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 6 % всей площади края или около 30 % его равнинной части. Ущерб от наводнений только в бассейнах рек Уссури и Раздольной, значительно превышает ущербы от наводнений на верхнем Амуре, Шилке, Аргуни и Селенге, вместе взятых. Не случайно разработка методов защиты от наводнений всегда являлась одной из актуальнейших задач водного хозяйства на Дальнем Востоке.

Основным средством инженерной защиты сельскохозяйственных угодий от затопления во время наводнений в долинах рек на юге Дальнего Востока являются дамбы обвалования. Для предотвращения существенных плановых деформаций русла реки применяются речные берегоукрепительные сооружения, обычно, в виде береговой каменной наброски и камненабросных шпор на участках берегов, подверженных размыву в паводки. Иногда для этих целей, особенно в последнее время, применяют матрацы Рено и габионы.

В Приморском крае общая протяженность таких дамб на 1989 г. составляла 1200 км, ими защищалось от наводнений около 140 тыс. га сельхозугодий. Паводками в 1989 г. было разрушено 240 км дамб. Происходили их разрушения и в предыдущие, и в последующие годы. Так в 2000 г. паводками от дождей в период прохождения тропического циклона (тайфуна) **BOLAVEN** (28 июля – 1 августа) были повреждены или разрушены 34 дамбы.

Практически ежегодно обильные летне-осенние дожди циклонического происхождения вызывают паводки на реках того или иного района или более обширной территории, в результате которых происходят разрушения защитных сооружений, что приводит к потерям урожая и плодородных земель, разрушениям других сооружений (каналов, трубчатых и мостовых переездов и пр.).

Для выяснения причин разрушения дамб и берегоукреплений в 2000–2001 годах проведены обследования дамб обвалования мелиоративных систем и речных берегоукрепительных сооружений в бассейнах рек Уссури, Партизанской и Раздольной с анализом проектных решений. Целью исследования являлось определение причин повреждения или разрушения таких сооружений и путей совершенствования инженерной защиты земель от наводнений, вызываемых дождевыми паводками в долинах рек.

В бассейне р. Уссури обследованы дамбы 34 мелиоративных систем и крепление правого берега р. Арсеньевки в среднем течении, у с. Яблоновки, где уклон Арсеньевки 0,00015. В бассейне р. Партизанской обследованы дамбы шести мелиоративных систем, а также крепление левого берега этой реки на двух ее участках в среднем течении: у с. Фроловки и у пос. Перетино, где уклон реки равен соответственно 0,0046 и 0,0031. В бассейне р. Раздольной обследованы дамбы 21 системы и крепление левого берега р. Раздольной на двух ее участках: в среднем течении (у с. Покровки, уклон реки 0,00080) и на переход-

ном участке среднего и нижнего течения (у пос. Городечное, уклон реки 0,00012).

Установлено, что в нижних течениях рек Уссури (до устья р. Сунгач) и Арсеньевки, а также в бассейне р. Раздольной дамбы большинства мелиоративных систем и берегоукрепительные сооружения находятся в удовлетворительном состоянии. В среднем же течении рек Уссури и Арсеньевки и в бассейне р. Партизанской дамбы всех систем либо имеют местные повреждения, либо полностью смыты на отдельных участках или на большем своем протяжении. Берегоукрепительные сооружения левого берега р. Партизанской у с. Фроловки и у пос. Перетино смыты при прохождении паводков.

Примеры записи краткой оценки состояния дамб и речных берегоукреплений приведены ниже в таблице 1.

В настоящее время в рассматриваемых речных бассейнах для дамб многих мелиоративных систем существует угроза подмыва основания и последующего разрушения дамбы из-за плановых деформаций русла реки и его приближения к верховому откосу дамбы. В большей мере это касается защитных сооружений в бассейнах рек Партизанской и Уссури. Уклоны этих рек и их притоков значительно больше, чем уклоны р. Раздольной и ее притоков.

Проведенное исследование позволило наметить пути улучшения защиты мелиоративных систем от наводнений с помощью дамб обвалования и берегоукрепительных сооружений для районов с большими скоростями течения реки в паводок, определяемыми уклоном реки.

Эти пути, в основном, заключаются в следующем.

При проектировании дамбы обвалования и определении способа защиты территории от размыва с помощью берегоукрепления в первую очередь следует определять возможность кардинального изменения планового расположения русла реки на участке весьма большой длины при прохождении выдающегося большого дождевого паводка.

Например, р. Шкотовка, расположенная на юге Приморского края, при прохождении таких паводков в течение последних 50 лет перемещалась по дну долины местами от основания ее левого склона до основания правого склона, между которыми расстояние 400 м, на участке 44–40 км от устья (длина реки 59 км).

Такие случаи характерны для малых и средних полугорных рек юга Дальнего Востока с дождевым паводочным режимом и достаточно большими уклонами реки. При этом основные исходные задачи прогноза русловых деформаций в каждом случае должны состоять в определении, во-первых, сравнительной подверженности русла реки на данном участке плановым деформациям и, во-вторых, места прорыва реки на земли, защищать которые необходимо (начала прогнозируемого планово измененного русла). В наибольшей мере подвер-

Таблица 1 - Примеры записи краткой оценки состояния защитных дамб и речных берегоукреплений по некоторым из объектов, защищаемых от наводнений в долинах рек Приморского края

Номер объекта	Наименование объекта	Длина дамбы, берегоукрепления	Оценка состояния дамбы, берегоукрепления
Бассейн р. Уссури, состояние объектов на период обследования 8–15 октября 2001 г.			
8	ОС «Ауровская», на левом берегу р. Муравейки, правого притока р. Арсеньевки	2,8	В 0,9–1,0 км ниже верхового узла замыкания дамбы р. Муравейкой смыт участок дамбы длиной 100–120 м, (<приводится ссылка на два рисунка (фото)>)
25	Правый берег р. Арсеньевки (левого притока р. Уссури) в 47 км от устья, на участке ОС «Яблоновская». Уклон реки 0,00015	(0,4)	Состояние береговой каменной наброски и всех пяти русловых камненабросных шпор (диаметр камня до 0,3-0,4 м) удовлетворительное (<ссылка на два рисунка>)
Бассейн р. Партизанской, 30 мая–1 июня 2001 г.			
3	ОС "Таежная", на левом берегу р. Партизанской в 64–61 км от устья. Уклон реки 0,0046	3,1	В паводок в 1991 г. р. Партизанской смыт участок дамбы длиной 2,6 км; река потекла через систему (<ссылка на два рисунка>).
4	ОС «Казанская», на правом берегу р. Тигровой, правом притоке р. Партизанской	5,7	Начиная с 1989 г., дамба размывалась р. Тигровой в паводки и к настоящему времени смыта на всем протяжении (<ссылка на два рисунка>)
5	Левый берег р. Партизанской в 34 км от устья, в 200 м выше пос. Перетино. Уклон реки 0,0031	(1,0)	В паводки в 1989, 1991, 1993, 1994, 1999 и 2000 гг. берегоукрепительные камненабросные шпоры смыты. Излучина реки вплотную приблизилась к пос. Перетино. Береговая каменная наброска крепления левого берега обойдена рекой слева и располагается в реке вдоль уреза воды правого берега (<ссылка на три рисунка>)
Бассейн р. Раздольной, 12–14 июля 2000 г.			
7	ДОС «Ильичевская», на правом берегу р. Крестьянки 2-й, левого 2-порядкового притока р. Раздольной	7,5	Дамба в 1500 м от верхового узла ее замыкания находится под угрозой подмыва верхового откоса или полного смыва на участке длиной 150–200 м в большой паводок на р. Крестьянке 2-й (<ссылка на два рисунка>)
8	Левый берег р. Раздольной в 140 км от устья, в 2 км ниже центра с. Покровки. Уклон реки 0,00080	1,0	Головы камненабросных шпор размыты паводками. Основания шпор и береговая каменная наброска функционируют (<ссылка на три рисунка>)
38	Левый берег р. Раздольной в 67 км от устья, у пос. Городечное, на участке ДОС «Раздольненская». Уклон реки 0,00012	1,3	Головы камненабросных шпор на участке переката размыты паводками. Основания шпор и образовавшаяся каменная отмостка откоса русла функционируют (<ссылка на четыре рисунка>)
Примечание. Используемые аббревиатуры наименований видов мелиоративных систем означают: ОС – осушительная система; ДОС – дренажно-оросительная система.			



жены плановым деформациям русла рек, как правило, на участках выпуклости или прямолинейности продольного профиля русла в среднем течении реки.

При прогнозе русловых деформаций существующими методами, кроме вышеприведенных главных условий и факторов, должны учитываться гидравлические параметры наблюдавшихся выдающихся больших паводков и физико-механические свойства грунтов, слагающих русло и пойму реки на участке намечаемого строительства дамбы или берегоукрепления.

Прежние плановые расположения русла реки устанавливаются по расположению ее проток или стариц по топографической карте и путем обследования на местности.

Необходим более детальный обоснованный прогноз как плановых, так и местных вертикальных деформаций русла реки, что позволит не только правильно выбрать трассу дамбы, но и обеспечить необходимое и достаточное заглубление крепления верхового откоса дамбы и конструкции берегоукрепительного сооружения относительно дна реки. Этот прогноз и применение соответствующих материалов и конструкций крепления, определяемых расчетными глубинами размыва, неразмывающими скоростями течения потока, физико-механическими характеристиками грунтов, обеспечит устойчивость конструкций от подмыва и последующего разрушения.

Определению достаточности заглубления конструкции берегоукрепления или верхового откоса дамбы относительно дна реки необходимо уделять особое внимание. Именно путем первоначального подмыва дамбы обвалования мелиоративной системы, береговой каменной наброски или шпоры у их оснований произошли дальнейшие разрушения дамб и берегоукреплений во всех случаях, зафиксированных при обследованиях.

Должны точно определяться те участки реки, где необходимо предусмотреть более надежное крепление берега. Для этого необходимо определять положение динамической оси паводочного потока в местах возможных плановых деформаций русла.

Для определения устойчивой к размыву конструкции крепления верхового откоса дамбы или берегоукрепления в каждом конкретном случае необходимо тщательно изучить скоростную структуру паводочного потока, определяемую, в первую очередь, уклоном реки.

При этом необходимо иметь в виду следующие известные закономерности в русловом процессе и связанном с ним движении влекомых (донных) наносов.

Влекомые наносы перемещаются (в общем случае путем волочения или перекачивания по дну) в основном под влиянием силы скоростного напора, при непосредственном воздействии потока на частицу. При достаточно большой глубине потока сдвиг и перемещение отдельных частиц происходит также и под влиянием гидростатического давления (например, при значительном уклоне дна – под воздействием тангенциальной составляющей силы тяжести).

Интенсивность перемещения донных наносов возрастает при увеличении (до некоторых пределов) концентрации в потоке взвешенных наносов. Обусловлено это тем, что, во-первых, гидродинамическое воздействие на частицу грунта пропорционально плотности жидкости. Во-вторых, с ростом концентрации движущихся донных наносов возрастает частота соударений между частицами и вероятность ударного воздействия движущихся частиц на неподвижные частицы. В-третьих, от соударений происходит передача количества движения от более мелких частиц, перемещающихся с большей скоростью, частицам более крупным, перемещающимся с меньшей скоростью. В-четвертых, этому способствует повышенная турбулентность потока, протекающего по гравийно-галечным и тем более галечно-валунным грунтам. Благодаря большой неоднородности аллювия, залегающего под более крупной русловой отмосткой, при разрушении последней поток насыщается мелким материалом, вследствие чего движение гальки и валунов в реках напоминает водно-каменные сели.

Проведенные обследования дамб и берегоукреплений показывают, что при проектировании этих сооружений вышеприведенные положения теории и практики наблюдений русловых процессов в должной мере не учитывались. И если на сохранности дамб мелиоративных систем в бассейне р. Раздольной с ее сравнительно небольшими уклонами это отразилось сравнительно слабо, то в бассейне р. Партизанской с ее большими уклонами дамбы всех мелиоративных систем на определенных участках были повреждены или полностью разрушены, а все берегоукрепления смыты или обойдены рекой. Состояние дамб и берегоукреплений в бассейне р. Уссури занимает в этом отношении промежуточное положение, более близкое к состоянию сооружений в бассейне р. Партизанской, что соотносится с величинами уклонов рассматриваемых рек.

Вышеизложенные результаты исследований следует учитывать при обосновании проектных решений по конструкциям дамб, берегоукрепительных сооружений и их плановому расположению при разработке мероприятий по инженерной защите территорий в долинах рек Приморья и других районов юга Дальнего Востока от наводнений.

УДК 627.431

## **НОВЫЙ СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ НАМЫВНОГО УЗКОПРОФИЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ**

**Н.К. Голубев**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В большинстве дамбы для сооружения прудов различного назначения, для ограждения территорий от затопления, для устройства отстойником возводятся узкопрофильными с шириной гребня до 6 м. Строительство этих земляных со-

оружений главным образом для создания рыбоводных прудов и ограждения территорий от затопления осуществляется на заболоченных малопродуктивных землях в пойменных и прирусловых местах. Применение в этих условиях землеройных машин сопряжено с большими трудностями, поэтому гидромеханизированный способ возведения дамб здесь оказался наиболее эффективным.

В практике водохозяйственного строительства нашел применение способ намыва узкопрофильного сооружения, включающий рассредоточенную подачу пульпы из выпускных отверстий, расположенных вдоль распределительного пульпопровода по наклонному обвалованному пляжу, отжимающему прудок-отстойник вдоль трассы сооружения.

Недостатком этого способа является наличие в распределительном пульпопроводе напорного потока пульпы со значительными скоростями, а также отсутствие регулируемого по густоте ее отбора через выпускные отверстия, что не позволяет осуществлять равномерный намыв высоконасыщенной грунтом пульпой вдоль оси сооружения, что в свою очередь снижает качество и эффективность производства работ.

Устранить указанные недостатки позволяет предлагаемый способ возведения намывного узкопрофильного сооружения, включающий также рассредоточенную подачу пульпы из выпускных отверстий, расположенных вдоль распределительного пульпопровода, по наклонному обвалованному пляжу, отжимающему прудок-отстойник вдоль трассы сооружения. При этом намыв сооружения осуществляют с регулированием расхода подаваемой пульпы до достижения ею безнапорного потока в распределительном трубопроводе, а выпуск пульпы производят из отверстий, устраиваемых путем смещения относительно друг друга в вертикальной плоскости торцов предыдущего и последующего звеньев труб распределительного пульпопровода, обеспечивая вдоль последнего регулируемый по глубине потока отбор высоконасыщенных грунтом слоев пульпы и ее гидротранспорт по длине пульпопровода (патент РФ №2276704, БИ иПМ №14,2006г).

Сущность предлагаемого способа заключается в том, что безнапорный поток в распределительном трубопроводе обеспечивает уже в трубе разделение пульпы на насыщенный грунтом нижний слой и разубоженный – верхний, что позволяет через отверстия, образованные смещением в вертикальной плоскости каждого последующего звена трубы относительно предыдущего, отбирать высоконасыщенную грунтом фракцию пульпы и равномерно распределять ее вдоль продольной оси сооружения. Предлагаемый способ осуществляется следующим образом (рис.1).

Возведение намывного узкопрофильного сооружения 1 начинают со сборки распределительного пульпопровода 2 из звеньев 3 труб, который укладывают по продольной оси 4 сооружения 1 на опоры 5 с уклоном, обеспечивающим транспортирование по нему пульпы.

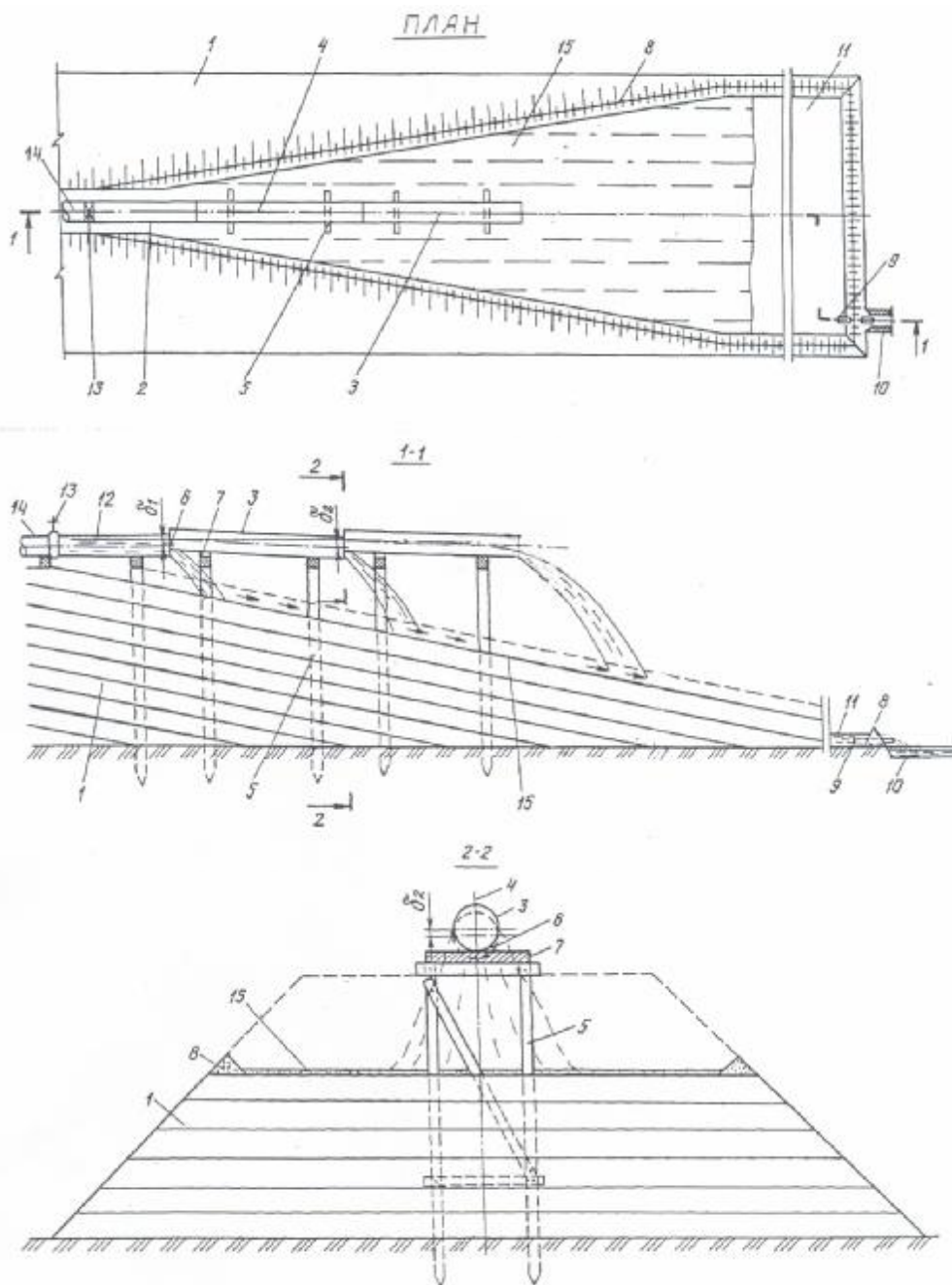


Рисунок 1 - Схема намыва узкопрофильного сооружения

При этом торцы звеньев 3 смещают относительно друг друга в вертикальной плоскости на величину « $\delta$ » с образованием выпускных отверстий, например, с помощью различной величины съемных подкладок 7, а величину « $\delta$ » устанавливают, исходя из условий обеспечения отбора высоконасыщенных грунтов нижних слоев пульпы вдоль распределительного пульпопровода 2 и гидротранспорта безнапорного потока пульпы по звеньям 3 труб. Кроме того, по контуру сооружения устраивают карты намыва путем возведения дамб обвалования 8 и водосбросного устройства 9 с водоотводным каналом 10 для отвода осветленной воды из пруда-отстойника 11 за пределы сооружения 1.

Непосредственно возведение намывного сооружения 1 осуществляют путем подачи пульпы в распределительный трубопровод 2, при этом задвижкой

13 производят регулирование расхода подаваемой по напорному пульпопроводу 14 пульпы до достижения ею безнапорного потока, что способствует разделению пульпы на насыщенный грунтом низший слой и ружубоженный верхний в звеньях 3 распределительного пульпопровода. Через отверстия 6, образованные при смещении звеньев труб распределительного трубопровода, осуществляют рассредоточенную подачу насыщенной грунтом пульпы по наклонному обвалованному пляжу 15, отжимающему в процессе намыва прудок отстойник 11 вдоль продольной оси сооружения 1. Осветленную, ружубоженную пульпу подают на нижний участок наклонного пляжа 15, затем она попадает в прудок-отстойник 11 и через сбросное устройство 9 и отводной канал 10 – за пределы сооружения 1.

Таким образом, предлагаемый способ возведения намывного узкопрофильного сооружения позволяет упростить производство работ и повысить их качество и эффективность за счет возможности отбора высоконасыщенной грунтом пульпы из выпускных отверстий и равномерного рассредоточения ее вдоль продольной оси сооружения. Кроме того, поскольку в предлагаемом способе целостность звеньев труб распределительного пульпопровода не нарушается, они могут быть повторно использованы.

УДК 631.612: 626.923.2

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НАЛИЧИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ ТЕХНИКИ**

**Ю.Я. Гольцов, В.С. Пунинский, В.М. Яшин**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Оптимальное использование парка мелиоративных, транспортных, водохозяйственных и строительных машин и механизмов по Департаменту мелиорации и технического обеспечения Минсельхоза РФ во многом определяет его рациональное формирование по ФГУ и далее по федеральным округам и федерации в целом. Разработка рекомендаций по расчету потребности техники для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ, требует достоверной информации о наличии технических средств, находящихся на балансе региональных мелиоративных организаций, что является актуальной задачей /1/.

Эффективная эксплуатация парка машин и механизмов, как и любая форма управления, требует наличия и систематизации информации о его фактическом состоянии. При этом необходим последовательный и постоянный сбор данных, их обработка, интерпретация и обобщение. Она может быть получена объединением разнообразных данных, имеющих количественные или словесные описания состояния машин, представленных в виде массивов, цифр, текстов, сроков и величин износа. И, в конечном счете, анализ этих данных и получение

информации, ориентированной на принятие оптимальных решений, требует создание специализированной автоматизированной системы мониторинга наличия мелиоративной техники, основой которой составляет разработка базы данных.

Таким образом, разрабатываемая база данных (БД) предназначена как для хранения сведений о номенклатуре технических средств, их состоянии и стоимостных показателях, находящихся в собственности федеральных государственных учреждений, так и получения информации и представления ее на региональном, окружном и федеральном уровнях в соответствии со структурой по видам работ.

В качестве информационного обеспечения БД используются ежегодные отчетные сведения (количество, номенклатура и стоимостные показатели) федеральных государственных учреждений по перечням движимого имущества, стоимость которого превышает тысячекратный размер минимальной заработной платы. В настоящее время технические средства для выполнения работ по эксплуатации и ремонту оросительных и осушительных систем находятся в ведении (собственности) федеральных государственных учреждений (ФГУ) в субъектах Российской Федерации. Анализ этих материалов показывает, что номенклатура и количество технических средств ФГУ характеризуются большим разнообразием, что обусловлено необходимостью решения широкого круга задач в сфере действия каждого ФГУ. Причем количество единиц техники в различных ФГУ изменяется от единиц и десятков (это, как правило, ФГУ в Центральном и Северо-Западном округах) до нескольких сотен (Южный Федеральный округ).

В состав разрабатываемой БД включена техника для выполнения работ по эксплуатации и ремонту гидромелиоративных систем и гидротехнических сооружений. Полный список техники, необходимой для выполнения указанных работ, приведен в «Федеральном регистре ...» /2/. На настоящий момент времени ни одно ФГУ страны не обеспечено полным перечнем требуемой техники.

В процессе исследований выполнен анализ состава и номенклатуры технических средств, проведено обобщение, выделены и согласованы с Департаментом мелиорации и технического обеспечения Минсельхоза РФ группы технических средств (выполнена рубрикация) в соответствии с основными видами выполняемых мелиоративных работ (табл.1):

- средства для механизации земляных работ;
- средства ухода за мелиоративной сетью;
- технические средства для культуртехнических работ;
- энергетические (силовые) технические средства;
- оросительная техника;
- автомобили, прицепы;
- вспомогательное оборудование.

Таблица 1 - Группировка технических средств

<p><i>Средства для механизации земляных работ:</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Экскаваторы:</i> Одноковшовые, с различной емкостью ковша (до 0,25 м<sup>3</sup>, 0,26 – 0,5 м<sup>3</sup>, 0,51 – 1,0 м<sup>3</sup> и более 1 м<sup>3</sup>), роторные и шнековые, многоковшовые;</li><li>2. <i>Каналокопатели;</i></li><li>3. <i>Бульдозеры к тракторам класса (до 3 т., 3 – 5.9 т, 6 – 10 т.);</i></li><li>4. <i>Скреперы и дорожные машины:</i> скреперы вместимостью ковша (до 5 м<sup>3</sup>, 5.1 – 8.8 м<sup>3</sup>, 8.9 -15 м<sup>3</sup>), грейдеры и катки;</li><li>5. <i>Дреноукладчики:</i> траншейные и бестраншейные;</li><li>6. <i>Трубодреноукладчики;</i></li><li>7. <i>Перегружатели фильтрующих материалов</i></li><li>8. <i>Трубоукладчики</i></li></ol>
<p><i>Средства ухода за мелиоративной сетью:</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>9. <i>Косилки, агрегатируемые с колесным или гусеничным трактором, плавающие;</i></li><li>10. <i>Каналоочистители;</i></li><li>11. <i>Дренопромывочные машины;</i></li></ol>
<p><i>Технические средства для культуртехнических работ:</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>12. <i>Кусторезы;</i></li><li>13. <i>Кусторезы – измельчители;</i></li><li>14. <i>Корчевальные агрегаты;</i></li><li>15. <i>Бороны дисковые мелиоративные;</i></li><li>16. <i>Плуги;</i></li><li>17. <i>Камнеуборочные машины;</i></li><li>18. <i>Рыхлители к тракторам класса: 1.4 т., 2 – 5 т., 10 т;</i></li><li>19. <i>Кротователи</i></li><li>20. <i>Планировщики: короткобазовые и длиннобазовые;</i></li><li>21. <i>Прочие мелиоративные машины.</i></li></ol>
<p><i>Энергетические (силовые) технические средства:</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>22. <i>Тракторы класса 1.4 т., 3 т., 5 т., 10 т;</i></li><li>23. <i>Прицепы, вместимостью: до 5 м<sup>3</sup>, 5 – 10 м<sup>3</sup>, более 10 м<sup>3</sup>;</i></li><li>24. <i>Электростанции передвижные;</i></li><li>25. <i>Краны и погрузчики;</i></li><li>26. <i>Буровые установки.</i></li></ol>
<p><i>Оросительная техника:</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li>27. <i>Фрегат, Волжанка, Днепр, Кубань, ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100,</i> <i>Дождеватели ипульсные и шланговые;</i></li><li>28. <i>Машины для поверхностного полива;</i></li></ol>

- 29. Прочие машины для орошения;
- 30. Насосные станции стационарные и передвижные;
- 31. Насосы и насосное оборудование.

*Автомобили, прицепы:*

- 32. Автомобили: грузовые бортовые самосвалы;  
легковые и микроавтобусы;  
автобусы;  
специального назначения (автокраны, топливозаправщики, тепло-  
мощь, тракторы, автоцистерны, прочие);
- 33. Прицепы.

*Вспомогательное оборудование:*

- 34. Сварочные агрегаты;
- 35. Станки;
- 36. Лесопильное оборудование;
- 37. Лабораторное оборудование.
- 38. Передвижные вагончики, бытовки

*Прочие технические средства*

Необходимость проведения расчетов объемов работ, как и выборки информации для других целей, требует выделения «подклассов» машин внутри одного типа (например, по объемам коша экскаватора, по мощности трактора, году ввода или остаточной стоимости технических средств и др.). Для этого, целесообразно по конкретной единице техники внутри каждого класса или подкласса в базе данных иметь следующие сведения:

- марка технического средства;
- год приобретения или ввода в эксплуатацию;
- балансовая стоимость исходная;
- балансовая стоимость остаточная;
- инвентаризационный номер.

Марка технического средства используется для расчета количества данной техники, а её стоимостные показатели позволят обосновать расчет финансовых ресурсов на приобретение тех или иных технических средств.

Исходные данные по каждой единице технического средства (объекту) (рис. 1) вносятся в БД и хранятся по каждому ФГУ без дополнительного выделения филиалов, хотя в дальнейшем оставляется возможность расширения базы. Количество ФГУ, как и реальное количество объектов, не имеет ограничений.

Необходимым компонентом БД являются справочники. В качестве справочных используются таблицы с перечнем ФГУ и их принадлежность к субъектам федерации и административным округам. Основным справочником для



идентификации технических средств по группам и отнесения их к конкретным объектам является «Номенклатура технических средств», которая составлена экспертно с использованием технической литературы на основе многочисленных таблиц исходных данных по всем ФГУ.

The screenshot shows a software window titled "ДВИЖИМОЕ ИМУЩЕСТВО" with a light green background. The form contains the following fields and values:

- Федеральный округ: Центральный (1)
- Субъект: Липецкая область (9)
- ФГУ: "Управление "Липецкмелшводхоз" (9, 1)
- Группа средств: Средства для механизации земляных работ (1)
- Техническое средство: Экскаваторы (1)
- Тип тех. средства: Одноковшовые (1)
- ТипоРазмер: до 0.25 мкуб (1)
- Марка: 79-23УК(ЭО-2621В-3) (4)
- Инвентарный номер: 1320121
- Год ввода: 01.01.1998
- Начальная балансовая стоимость: 458 544,00р.
- Остаточная балансовая стоимость: 38 214,00р.

At the bottom right, there are two buttons: "ТехСредства ФГУ" and "Количество ТехСредств". At the bottom left, there is a status bar showing "Запись: 1 из 108".

Рисунок 1 - Форма ввода исходных данных

Номенклатура технических средств составлена отдельно для всех групп, показанной выше рубрикации (табл. 1) и содержит большой массив информации (всего более тысячи объектов). Создается справочник марок технических средств, учитываемых в первой редакции БД. В процессе работы справочник будет постоянно уточняться. Следует отметить, что разработка данного справочника является наиболее трудоемким и затратным по времени процессом. Это обусловлено отсутствием единого опубликованного документа с рассматриваемой номенклатурой технических средств. Основным документом при составлении справочника послужили упомянутые выше «Федеральные регистры...».

Разработан бланк документа входных данных, отражающий принадлежность каждого технического средства и сведения о нем: - марка технического средства; - год приобретения или ввода в эксплуатацию; - балансовая стоимость исходная; - балансовая стоимость остаточная; - инвентаризационный номер.

Ввод исходных данных в БД осуществляется через форму «ДВИЖИМОЕ ИМУЩЕСТВО» (рис. 1).

В качестве примера выходной информации приведен один из отчетов - форма отчета «Количество технических средств» по ФГУ (рис. 2).

Разработка БД проводится на основе пакета *Access 2000 Microsoft Windows /3,4/*.

*Министерство сельского хозяйства РФ*

*Департамент  
мелиорации  
и технического обеспечения*

**ДВИЖИМОЕ ИМУЩЕСТВО**

*Субъект: Калининградская область  
Федеральный округ: Северо-Западный*

**Количество технических средств  
на 1 января 2006 года**

**ФГУ**

**"Управление "Калининградмелиоводхоз"**

<i>Тех.Средство</i>	<i>Тип Тех.Средства</i>	<i>ГилоРазмер</i>	
<b>Средства для механизации земляных работ</b>			<b>14</b>
<b>Бульдозеры</b>			<b>1</b>
	к тракторам класса 3 - 5,9 т.		1
		к тракторам класса 3 - 5,9 т	1
<b>Среперы и дорожные машины</b>			<b>1</b>
	Грейдеры		1
		Грейдеры	1
<b>Экскаваторы</b>			<b>12</b>
	Многоковшовые		1
		Экскаватор-Дренажквальных	1
	Одноковшовые		11
		0,51 - 0,99 м куб	8
		до 0,25 м куб	3
<b>Автомобили, прицепы</b>			<b>23</b>
<b>Автомобили</b>			<b>23</b>
	Автобусы		1
		Автобус	1
	Автомобили грузовые		5
		Бортовые	1
		Самосвалы	4
	Автомобили легковые		15
		Автомобиль-Валта	1
		Легковые (5 чел.)	8
		Микроавтобусы (10 чел.)	6
	Специального назначения		2
		Автомобиль на ГАЗ-5312	1
		Газели	1
<b>Средства ухода за мелиоративной сетью</b>			<b>4</b>
<b>Дренажнопромылочные машины</b>			<b>1</b>
	Дренажнопромылочные машины		1

Рисунок 2 - Форма отчетности наличия технических средств по ФГУ

### Литература

- 1.В.Н. Басс, В.С. Пунинский. Концепция развития мелиоративной техники на период до 2010 года. Экологические проблемы мелиорации. Международная научная конференция. (Костяковские чтения): -М: ВНИИГиМ, Изд-во УПК «Федоровец», 2002, с.351-353
- 2.Б.М. Кизяев, В.Н. Басс, В.С. Пунинский и др. Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России до 2010 г., Ф32, -М.: «Росинформагротех», 2003, с.112
- 3.Д. Вейскас Эффективная работа с Microsoft Access для Windows / Перев. С англ. – СПб: Питер Ком, 1998, -864 с.: ил.
- 4.А.Н. Кушнир. Microsoft Office Access 2003. Изд-во Эксмо, 2006. с.206.

## НОВЫЙ СПЕКТРАЛЬНО – ОБЪЕМНЫЙ МЕТОД ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МЕЛКОЙ ВОДЫ

И.В. Гугушвили, А.Е. Гусев, Н.М. Евстигнеев, Д.А. Леонтьев

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В настоящее время, все большую актуальность приобретают проблемы, связанные с решением различных нестационарных гидродинамических задач в двумерной постановке. Однако большинство методов численного решения уравнений гидродинамики основаны на аппроксимации производных с первым или вторым порядком точности. Данный метод основан на полном неявном представлении уравнений, и имеет порядок точности, ограниченный количеством членов ряда разложения переменных. Для увеличения количества возможных для решения задач, данные уравнения можно использовать совместно с уравнениями переноса пассивной примеси, а так же уравнениями, описывающими тепловой режим в водоеме.

Рассмотрим уравнения гидродинамики в приближении Буссинеска – Сен-Венана:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} + S = 0, \quad (1)$$

$$\text{где: } Q = \begin{vmatrix} h \\ u \cdot h \\ v \cdot h \end{vmatrix}; \quad E = \begin{vmatrix} h \cdot u \\ h \cdot u^2 + \frac{g \cdot h^2}{2} + g \cdot h \cdot z_B \\ h \cdot u \cdot v \end{vmatrix};$$

$$F = \begin{vmatrix} h \cdot v \\ h \cdot u \cdot v \\ h \cdot v^2 + \frac{g \cdot h^2}{2} + g \cdot h \cdot z_B \end{vmatrix}; \quad S = \begin{vmatrix} 0 \\ \frac{\lambda \cdot u \cdot |V|}{2} + C_f \cdot r_a \cdot W^2 \cdot \cos q \\ \frac{\lambda \cdot v \cdot |V|}{2} + C_f \cdot r_a \cdot W^2 \cdot \sin q \end{vmatrix};$$

где:  $z$  – отметка свободной поверхности с учетом волнения;  $h$  – глубина, с учетом волнения;  $z_b$  – отметка дна;  $u$  – скорость течения жидкости в направлении оси;  $v$  – скорость течения жидкости в направлении оси;  $|V| = \sqrt{u^2 + v^2}$ ;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;  $g$  – ускорение свободного падения;  $W$  – скорость ветра на поверхности воды;  $r_a$  – плотность воздуха у поверхности воды;  $q$  – угол между осью  $X$  и направлением вектора скорости ветра;  $C_f$  – коэффициент ветрового напряжения.

Или, в общем виде:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \nabla \cdot f = -S. \quad (2)$$

Система уравнений (1) является гиперболической системой дифференциальных уравнений в частных производных, что легко доказать рассмотрев матрицу якобиана В вида:

$$B = n_x \frac{\partial E}{\partial Q} + n_y \frac{\partial F}{\partial Q}.$$

Здесь  $n_i$  – внешняя нормаль, которую можно разложить на правые и левые треугольные матрицы и диагональную матрицу собственных значений:

$$R^{-1} \cdot B \cdot R = \Lambda, \quad \Lambda = \text{diag}(V_n, V_n, V_n + 2\sqrt{gh}, V_n - 2\sqrt{gh}), \quad V_n = n_x U + n_y V.$$

Поскольку все  $\Lambda$  - действительны, система (1) – гиперболическая. В связи с этим система (1) обладает рядом свойств, влияющих на построение численных схем для решения (1):

- В (1) возможно возникновение разрывных решений;
- Ограничение на шаг по времени для явной схемы интегрирования по времени определяется критерием типа CFL, т.е. шаг по времени зависит от числа Fr.

В соответствии с этими особенностями для системы (1) невозможно построить адекватную схему с применением разложения переменных в ряд на всей области дискретизации, что приводит к применению методов типа TVD или к снижению точности расчета до первого порядка, а, так же необходимости применять неявные схемы интегрирования по времени.

Рассмотрим произвольную гладкую область  $\Omega$ , в которой решается система уравнений (1) с корректными граничными и начальными условиями (о корректности начально-краевых условий для систем типа (1) с.м. [1,2,3]). Введем на произвольной области  $\Omega$  сетку, состоящую из N - непересекающихся треугольников, так, что  $\Omega = \bigcup_{i=1}^N S_i$ , где  $S_i$  – спектральный объем (СО) (рис. 1).

Выбор неструктурированной сетки, состоящей из произвольных треугольников, позволяет проводить решения в самых геометрически сложных областях, диктуемых требованиями технической задачи. Каждый СО разделяется на  $n=(k^2+k)/2$  конечных объемов (КО) (рис.1), так, чтобы точность любой переменной Q внутри СО, определяется количеством разбиений n СО на КО. Осреднение Q по КО записывается как:

$$\overline{Q}_{i,j}(t) = \frac{\int_{S_i} Q(x,y,t) dx dy}{V_{i,j}}, \quad i=1..N; j=1..M \quad (3)$$

$V_{i,j}$  – объем КО. С учетом (3) можно ввести полином  $P_i(x,y) \in P^{k-1}$ , так, что точность аппроксимации Q(x,y) в  $S_i$  определяется как:  $P_i(x,y) = Q(x,y) + O(l^k)$ ,  $(x,y) \in S_i$ ,

Аналитическое выражение для  $P(x,y)$  можно найти как:

$$\frac{\int_{C_{i,j}} P_i(x,y) dx dy}{V_{i,j}} = \overline{Q_{i,j}}, \text{ здесь } Q_{i,j} - \text{ Липшиц - непрерывная функция в } S_i$$

Для учета геометрии разбиения вводится функция формы вида:

$$\frac{\int_{C_{i,j}} L_j(x,y) dx dy}{V_{i,j}} = d_{j,l}, \text{ такая, что } L_j(x,y) \in P^{k-1}.$$

Функция формы определяется аналитически при анализе  $\Omega$ , и вычисляется раз и навсегда в начале расчета для всех  $S_i$ , если сетка  $C_{i,j}$  не меняется во времени. Тогда, интегрируя (2) около  $C_{i,j}$ , получим:

$$\frac{d\overline{Q_{i,j}}}{dt} + \frac{1}{V_{i,j}} \sum_{r=1}^K \int_{A_r} (f \cdot n) dA_r = -S, \quad (4)$$

где:  $K$ -количество сторон в  $C_{i,j}$ ;  $A_r$  – сторона  $C_{i,j}$  № $r$  (рис.1);  $\overline{Q_{i,j}}$  - среднее значение  $Q$  в  $C_{i,j}$ , в соответствии с (3).

Интегрируя (4) с точностью  $k$ , можно записать для каждой области  $C_{i,j}$ :

$$\int_{A_r} (f \cdot \mathbf{n}) \cdot dA = \sum_{q=1}^J w_q \cdot f(Q(x_{rq}, y_{rq})) n_r A_r + O(A_r l_r), \quad (5)$$

где:  $J = \text{int}[(k+1)/2]$ ,  $\text{int}$  – малое натуральное число; количество точек на поверхности  $r$ ;  $w_q$ ,  $x_{rq}$ ,  $y_{rq}$  – вес и координаты, определяемые в соответствии с квадратурной формой Гаусса-Чебышева [4, стр. 601-603];  $l_r$ - максимальная длина грани в  $C_{i,j}$ .

Тогда значение переменных  $f(Q(x_{rq}, y_{rq}))$  в  $S_i$  будет определяться как:

$$\hat{f} = \frac{1}{V_i} \sum_{j=1}^K \int_{A_j} (f \cdot \mathbf{n}) dA, \quad (6)$$

выражаемое через (5).

Для интегрирования (2) около СО используется противопоточный метод, применяемый во многих численных схемах для решения гиперболических уравнений, например [3], в связи с этим здесь детально не обсуждается. Тогда для треугольного СО уравнение запишется:

$$\frac{d\overline{Q_i}}{dt} = -\frac{1}{V_i} \sum_{j=1}^3 [(a \cdot \hat{f}_L + b \cdot \{\hat{f}_R\}_j) \cdot \mathbf{N}_j + S_L], \quad (7)$$

здесь:  $\overline{Q_i}$ - значение переменной, осредненной по СО;  $V_i$  – объем СО;  $a, b$  – функции, зависящие от  $\hat{f}$ , определяющие вид аппроксимации между текущим и соседними СО;  $\mathbf{N}_j$ - внешняя нормаль к грани ‘ $j$ ’ СО (рис.1).

Для интегрирования по времени уравнения (7) используется полностью неявная схема, в которой решения проводятся по нелинейным членам в  $\hat{f}$  (7):

$$Q^{n+1} = Q^n - \Delta t \cdot R(Q^{n+1}). \quad (8)$$

Здесь  $R$  – представляет собой правую часть (7).

Уравнение (8) представляется в виде  $[A(x)]|X|=|B|$ . Для получения матрицы  $[A]$  необходимо веса, получаемые в (5) связать с переменной, осредняемой по всему  $CO$ . В связи с тем, что топология сетки  $S_i$  на  $\Omega$  произвольная неструктурированная, матрица  $[A]$  – положительно определенная, плотная. Для решения такой системы нелинейной САУ используется метод типа GMRES с нелинейной поправкой [8].

Таким образом, с применением метода спектрально-объемного подхода удастся построить численный метод, способный учесть все свойства системы уравнений (1), обладающий точностью определяемой степенью полинома разложения переменных, недоступной конечно-разностным, - объемным и - элементным методам.

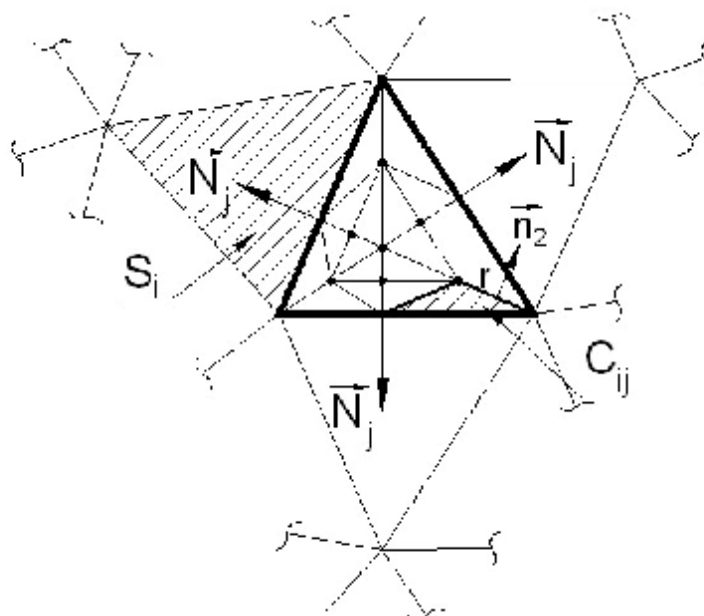


Рисунок 1 - Часть сетки спектральных и конечных объемов

В качестве теста на точность и корректность решения рассмотрена задача внезапного расширения течения в плане. Геометрия области с учетом адаптации показана на рисунке 2. Рассмотрено 3 типа сетки – грубая (рис. 2а), промежуточная (рис. 2b), точная (рис. 2с). Все отличаются масштабом элементов в два раза. Точность аппроксимации выбрана  $K=10$ .

Картина течения показана на рисунке 3а, а сопоставления решения данной задачи с численными и физическими экспериментами других авторов показаны на рисунке 3б. Как видно, предлагаемый численный метод обладает достаточной сходимостью с результатами других авторов.

Экспериментально подтверждена точность аппроксимации пространственных производных (табл. 1).

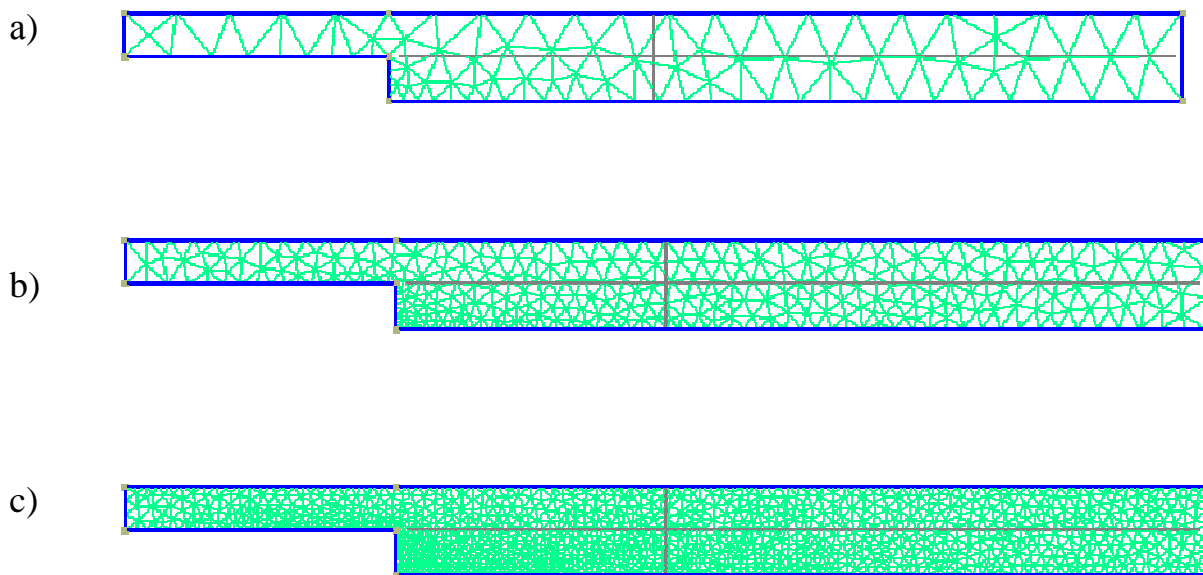


Рисунок 2 - Адаптивная сетка спектральных объемов для задачи “внезапного расширения течения в плане”:

a) – грубая сетка; b) – промежуточная сетка; c) – точная сетка

Таблица 1 - Экспериментальное определение точности аппроксимации

Масштаб сетки, по отношению к грубой	Погрешность в $L_2$ по пространственным производным	точность
1	$2.9123 \cdot 10^{-4}$	-
2	$2.8097 \cdot 10^{-5}$	10.32
4	$2.7934 \cdot 10^{-6}$	10.05

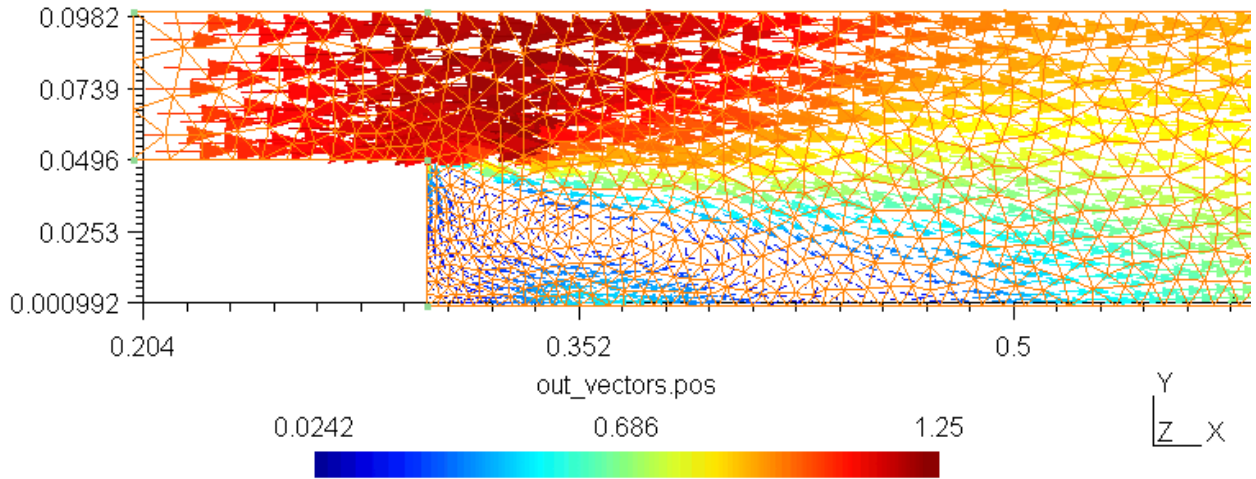
Как видно из таблицы, предложенный метод обладает точностью аппроксимации пространственных производных выше 10.

Для расчета температуры открытых водоемов используется уравнение конвективного и диффузионного распространения тепла совместно с уравнением учета теплового баланса контакта с атмосферой:

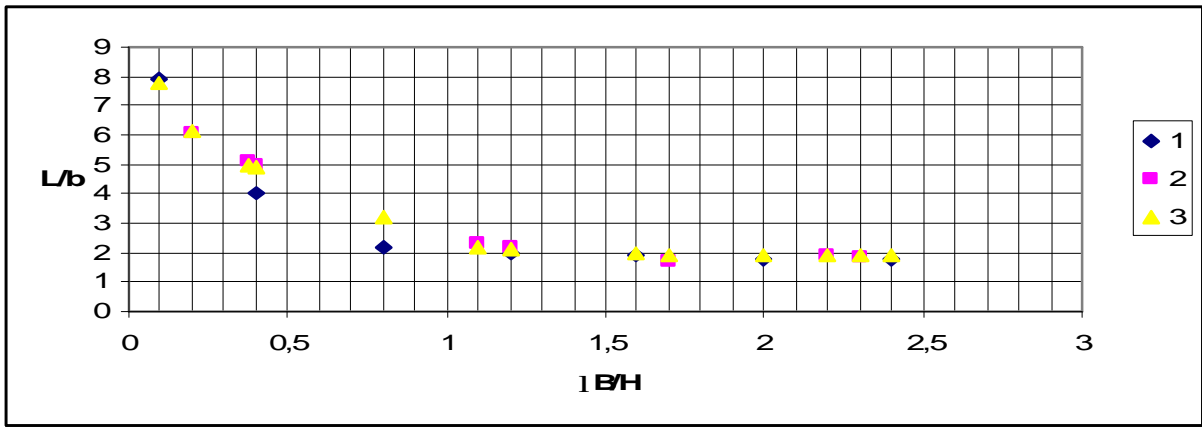
$$\frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial T}{\partial y} + S, \quad (9)$$

здесь:  $T$  – температура,

$$K_x = a \cdot x \cdot h \cdot U^*, \quad K_y = a \cdot y \cdot h \cdot U^* \Rightarrow K_x = \frac{h \cdot |U|}{C_m^{2/3}} + \frac{l}{c \cdot r}; \quad K_y = \frac{h \cdot |U|}{C_m^{2/3}} + \frac{l}{c \cdot r}; \quad C_m = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$



a)



b)

Рисунок 3 - Векторы скорости (а) и сопоставление данных с физическими и численными экспериментами других авторов (b):

1 – [7], 2 – [6], 3 – расчет L – длина зоны обратного течения; b – ширина ступеньки; В – ширина выходного сечения канала; Н – глубина в выходном сечении канала

В связи с линейризацией уравнение в окрестности точки решения, получим:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} = a_x \cdot K_x^* \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + a_y \cdot K_y^* \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + S \quad (10)$$

$$K_x^* = \frac{l}{c \cdot r} + K_x = \frac{l}{c \cdot r} + \frac{h \cdot U}{C_m^{2/3}}$$

$$K_y^* = \frac{l}{c \cdot r} + K_y = \frac{l}{c \cdot r} + \frac{h \cdot V}{C_m^{2/3}}$$

где:

$l$  - коэффициент теплопроводности воды;

$c$  – теплоемкость воды;

$r$  - плотность воды;

$K_i$  – коэффициент турбулентной диффузии;



$S$  – источниковый член отвечающий за процесс изменения плотности потока температуры за счет теплового баланса с атмосферой. Методика учета температурного баланса взята из монографии [5]. Данная методика представляется нам достаточно полной и тщательно проработанной автором монографии.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$S_P + S_{UA} + S_{UB} + S_U + S_N + S_{OC} + S_{ДН} + S_{ГР} + S_{ЭД} + S_{Л} + S_{ПП} + S_{СТ} + S_B + S_{ЛН} + S_{ЛС} + S = 0$$

где:  $S$  – интенсивность изменения запаса тепла в водном объеме, определяемая как:

$$S = \frac{r \cdot c \cdot \Delta T \cdot h}{\Delta t} \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta t \cdot S}{r \cdot c \cdot h} \quad (11)$$

Тепловой баланс можно записать в виде:

$$S = S_P + S_{UA} - S_{UB} + S_U + S_K + S_{OC} \quad (12)$$

где:

$S_P$  – поглощаемая водой суммарная солнечная радиация;

$S_{UA}$  – поглощаемые водой длинноволновые излучения;

$S_{UB}$  – потери тепла из-за длинноволнового излучения;

$S_U$  – тепло, тепло теряемое испарением или приобретаемой конденсацией;

$S_K$  – турбулентный обмен тепла между атмосферой и водным объектом;

$S_{OC}$  – тепло, поступающее от жидких осадков или затрачиваемое на таяние твердых.

$$S_P = (Q + q_0) \cdot (1 - N_0 \cdot (1 - K)) \cdot (1 - r);$$

$$S_{UB} = s \cdot b \cdot (273,16 + t_{NB})^4$$

$$S_{UA} = s \cdot (273,16 + t_2)^4 \cdot (b_1 + b_2)$$

$$S_U = 4,1(l_0 - l_2) \cdot (+0,84U_2 + f(\Delta V))$$

$$S_K = 2,65(t_2 - t_{ПВ}) \cdot (1 + 0,8U_2 + f(4V))$$

$$S_{OC}^{(d)} = \frac{0,001c \cdot r \cdot t_2 \cdot h}{86400}$$

$$S_{OC}^{(c)} = 0,485(8 - 0,05t_2)h_t$$

где:  $(Q + q_0)$  – зависит от широты местности;

$K$  – зависит от широты местности;

$b_1$  и  $b_2$  – функция облачности;

$c = 2100$  [Дж/кг·К].

Также данный метод может быть использован для расчета переноса химически активной или пассивной примеси.

Уравнение переноса примеси записывается в следующем виде:

$$\frac{\partial C_k}{\partial t} + U \frac{\partial C_k}{\partial x} + V \frac{\partial C_k}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial C_k}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial C_k}{\partial y} + Z_k, \quad (13)$$

где:  $Z_k$  – источниковый член, являющийся решением обыкновенного дифференциального уравнения кинетики химической реакции, в случае если примеси химически активные;

$C_k$  – концентрация  $k$  – й примеси.

Если примеси химически пассивные, то  $Z = 0$ ;

$K_x, K_y$  – коэффициенты диффузионного переноса примеси, определяемые в соответствии с [9].

Уравнения (9) и (13) решаются совместно с системой уравнений (1) методом спектрального объема, изложенным выше. Интегрирование по времени так же выполняется неявным методом.

Полученная система уравнений позволяет, кроме классических задач технической гидродинамики, решаемых с помощью уравнений мелкой воды, решать задачи, в которых важно распространение температуры и ее изменение в зависимости от влияния атмосферы и гидродинамических параметров течения, а также определение концентрации химически активных или пассивных примесей в воде.

#### Выводы

1. Полученная численная методика позволяет строить решение системы уравнений мелкой воды и дополнительных уравнений конвективно-диффузионного типа переноса пассивного скаляра на неструктурированной сетке треугольников с очень высокой точностью. Это значительно повышает качество расчета, а так же позволяет решать практически важные задачи с высокой, недоступной обычным конечно-объемным и конечно-элементным способам точностью.

2. Сопоставление результатов расчетов предлагаемым методом с результатами расчетов и физическим экспериментом других авторов позволяет сделать вывод о высокой точности предлагаемого в данной статье метода, а экспериментальная проверка точности аппроксимации подтверждает теоретические оценки.

3. Система уравнений описывающих гидродинамику, может также применяться для расчета волн прорыва при распространении волн по сухому основанию.

#### Литература

1. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. – М.:Наука, 1968.
2. Рождественский Б.Л., Применение точных решений уравнений "мелкой воды" к объяснению простейших течений. - ПМТФ, 1979, № 2.
3. Евстигнеев Н.М. Конечно-объемная TVD схема для решения 2D эволюционных уравнений мелкой воды. // Вычислительные методы и программирование. т.7, 2006.г., стр. 108-112.

4. Корн Г. , Корн Т. - Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1977.
5. Мишон В.М. Практическая гидрофизика: Л.: Гидрометеиздат, 1983.
6. Маневич Я.З. О гидравлическом моделировании с искажением масштабов моделей.// Известия ВНИИГ, т.115, Л.1977.
7. Милитеев А.Н., Базаров Д.Р. О пульсационных решениях двумерных уравнений мелкой воды при стационарных краевых условиях.// М.: ВЦ РАН, Сообщение по прикладной математике, 1997.
8. Евстигнеев Н.М. Разработка эффективных алгоритмов решения нелинейных систем алгебраических уравнений на основе методов минимизации ошибки в пространстве Крылова.//М.: Отчет ИПМ РАН, предоставленной на соискание ученой степени д.ф-м.н., 2006.
9. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика.//М. Изд-во физ.-мат. литер., 1959.

УДК 627.13:519.852.6

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ TVD-СХЕМЫ, ПРИ РАСЧЕТЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ПРОРЫВА**

**И.В. Гугушвили, Н.М. Евстигнеев**

ГНУ ВНИИГ и М Россельхозакадемии, Москва, Россия

Наводнения, вызванные прорывами плотин и дамб, происходят в мире достаточно часто. Подобные явления могут привести к серьезным последствиям – нанесению материального ущерба и человеческим жертвам. Применение численных методов позволяет провести расчет распространения волны прорыва и дать необходимую информацию об областях затопления, глубинах, скоростях и времени распространения волны прорыва. Эти сведения необходимы для разработки средств раннего оповещения и минимизации потерь в случае прорыва плотины.

С недавнего времени используются методы, содержащие TVD схемы в сочетании с решением приближенной задачи Римана в области разрыва [3]. Такие методы позволяют значительно повысить точность получаемых результатов и их надежность для течений с большим градиентом переменных в исходных уравнениях.

Здесь предлагается применить ранее описанный метод [3] с незначительной модификацией, а так же применить новый метод задания сетки конечных объемов для моделирования распространения наводнения в реальной ситуации.

В качестве исходной математической модели для проведения расчетов волн прорыва выбрана система уравнения мелкой воды, состоящая из осредненных уравнений сохранения импульса и осредненного уравнения сохранения массы (Буссинеска–Сен-Венана), которые для двумерного нестационарного течения записываются в виде:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = S, \quad (1)$$

$$\text{где: } U = \begin{vmatrix} z \\ u \cdot h \\ v \cdot h \end{vmatrix}, F = \begin{vmatrix} h \cdot u \\ h \cdot u^2 + \frac{g \cdot h^2}{2} \\ h \cdot u \cdot v \end{vmatrix}, G = \begin{vmatrix} h \cdot v \\ h \cdot u \cdot v \\ h \cdot v^2 + \frac{g \cdot h^2}{2} \end{vmatrix}, S = \begin{vmatrix} 0 \\ -\frac{I \cdot u \cdot |V|}{2} - g \cdot h \cdot \frac{\partial z_b}{\partial x} \\ -\frac{I \cdot v \cdot |V|}{2} - g \cdot h \cdot \frac{\partial z_b}{\partial y} \end{vmatrix},$$

$z$  – отметка свободной поверхности с учетом волнения,  $h$  – глубина, с учетом волнения,  $z_b$  – отметка дна,  $u$  – скорость течения жидкости в направлении оси  $x$ ,  $v$  – скорость течения жидкости в направлении оси  $y$ ,  $|V| = \sqrt{u^2 + v^2}$ ,  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения,  $g$  – ускорение свободного падения.

Численное интегрирование уравнений (1) проводится с помощью численной схемы, представляющей собой алгоритм вычисления балансовых соотношений на гранях конечных объемов дискретного пространства с применением противоточных схем с TVD реконструкцией переменных. Интегрирование по времени проводится с помощью явного метода Рунге-Кутты 2 порядка точности.

### **Сопоставление численного расчета и физического эксперимента на модельной задаче**

Распространение волны прорыва происходит как по существующему руслу реки (распространение волны жидкости в жидкости), так и по его образующим (распространение волны жидкости по сухому основанию). Данная особенность должна учитываться при численном интегрировании системы уравнений (1).

При расчете больших объектов требования к оперативной памяти компьютера и скорости работы значительно возрастают. Особенно дорогостоящим с точки зрения применяемых операций становится вычисление значений переменных в (1) в областях распространения волны прорыва по сухому основанию. Здесь возможны эффекты смачивания и подсушивания, обусловленные большой кинетической энергией движущейся волны. Для сокращения вычислительных затрат в данном методе применяется явное интегрирование по времени исходной системы уравнений (1) – сначала уравнения сохранения массы, а затем, уравнений сохранения количества движения. Таким образом, проблема вычисления скоростей в участках затопления и подсушивания решается с помощью явного определения областей, где глубина  $h < 0$ . Если  $h \leq 0$ , при решении уравнения сохранения массы, то в данной области система уравнений сохранения количества движения не решается, в скорости в данной области определяются равным 0, скорости распространения возмущений определяются по (3).

Следовательно, требования к компьютерам резко снижаются при наличии большого количества областей смачивания и подсушивания основания.

Для сопоставления численного расчета использован физический лабораторный эксперимент, выполненный в [2].

Резервуар имеет 1 м в длину и 2 м в ширину, область затопления имеет 3 м в длину и 2 м в ширину. Проран, шириной 0.4 м расположен в середине перегородки. Начальная глубина в резервуаре составляет 0,6 м. Область затопления сухая, что позволит проверить точность моделирования распространения волны прорыва по сухому основанию. Модель расположена горизонтально. Измерение уровня воды показано пятью точками на рисунке 1. Коэффициент гидравлического трения пересчитывается через коэффициент трения по Маннингу, принят равным  $n=0.012$ . Данный резервуар полностью перенесен в дискретную модель для численного метода, и проведено решение уравнений и сопоставление с результатами работы [2].

Дискретизация области выполнена с помощью конечных объемов со сторонами  $\Delta x=0.08$  м и  $\Delta y=0.04$  м. В координатах измерения гидрографов (точек) в численном методе измеряется значение глубины на всем промежутке интегрирования по времени. Как видно, общее согласование между численным расчетом и физическим экспериментом неплохое (рис. 2). После открытия прорана, волна прорыва формируется и распространяется по области затопления направо. Мгновенно формируется волна падения уровня в резервуаре, что приводит к возникновению колебаний в резервуаре и в области прорана (рис. 2). В связи с тем, что волны отражаются от твердых границ резервуара, во всей области наблюдается эффект отражения. На рисунке 1 приведена объемная картина течения при численном моделировании.

### **Сопоставление численного моделирования и физического эксперимента реальной задачи прорыва плотины в долине Торс, Италия**

Проведено численное моделирование распространения волны прорыва в долине Торс, в северных Альпах, Италия. Данная задача выбрана ввиду того, что в [1] имеется ее физическая модель на все время прохождения волны прорыва, и, что в [1] описано, что топология данной долины сложная для численного моделирования – много участков прохождения волны по сухим областям.

Длина долины составляет 5 км. Изначально долины сухая. Физическая модель в [1] выполнена в масштабе 1:100, с коэффициентом гидравлического трения по Маннингу  $n=0.0162$ .

В численную модель встроен гидрограф (рис.3) так, чтобы начальные значения в численной модели совпадали с физическим экспериментом для проведения сравнения. Дискретизация области выполнена с помощью конечных объемов со сторонами  $\Delta x=0.8$  м и  $\Delta y=0.4$  м. Расчет проводился на компьютере AMD 2000XP, 3Gb RAM. Общее время расчета составило 12 часов машинного

времени. Общая картина течения с наложением топологии физической модели представлена на рисунке 4. Расчет сопоставлялся с результатами физического моделирования в контрольных точках измерений уровня воды, выполненного в [1].

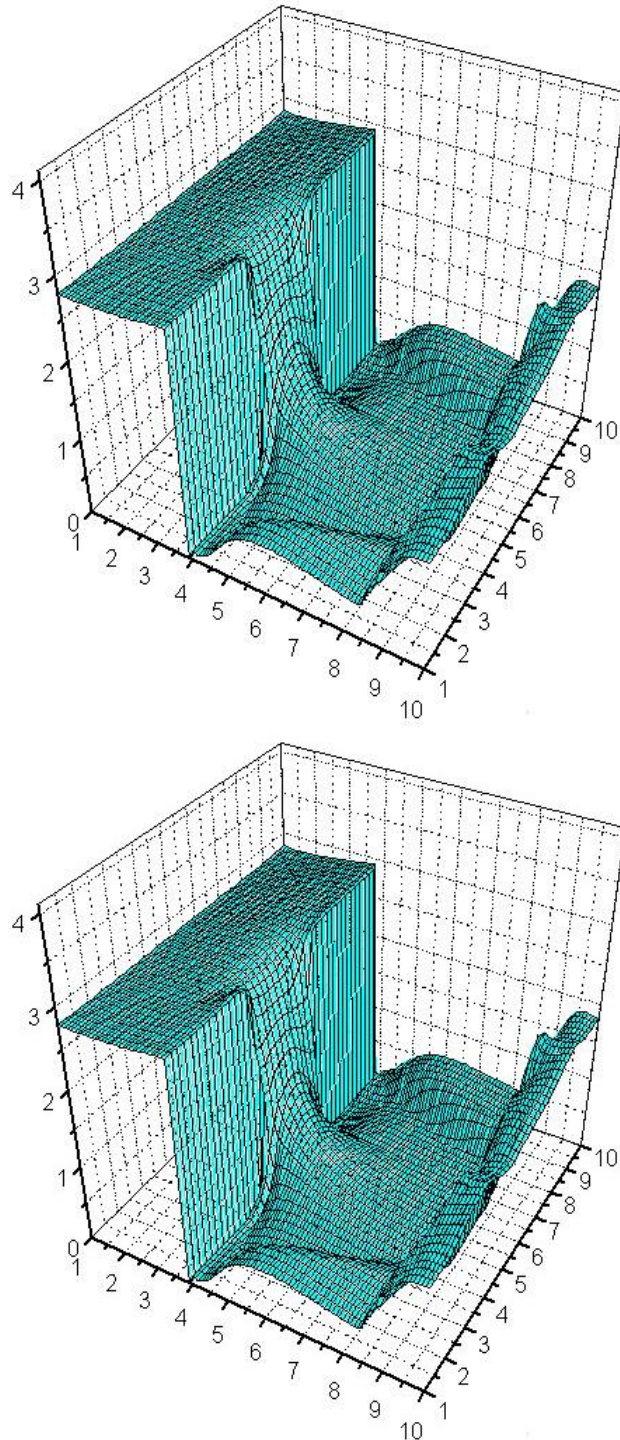


Рисунок 1 - Объемная форма течения из прорана – численный эксперимент; момент времени 2 с и 2.5 с

Топология модели и расположения датчиков, заимствовано из [1], показано на рисунке 2.

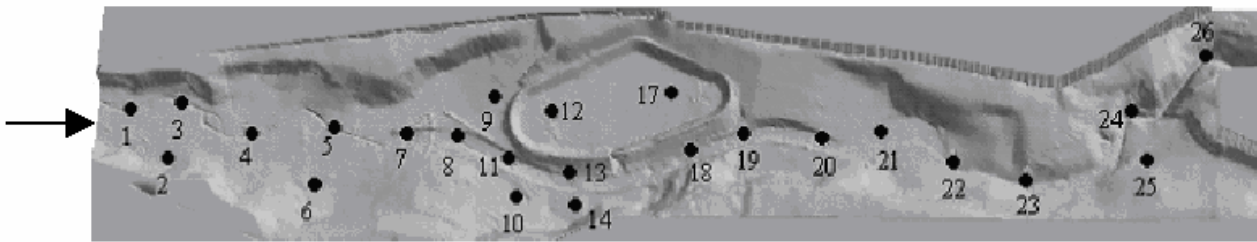


Рисунок 2 – Физическая модель долины Горс (кружками отмечены точки анализа уровня воды)

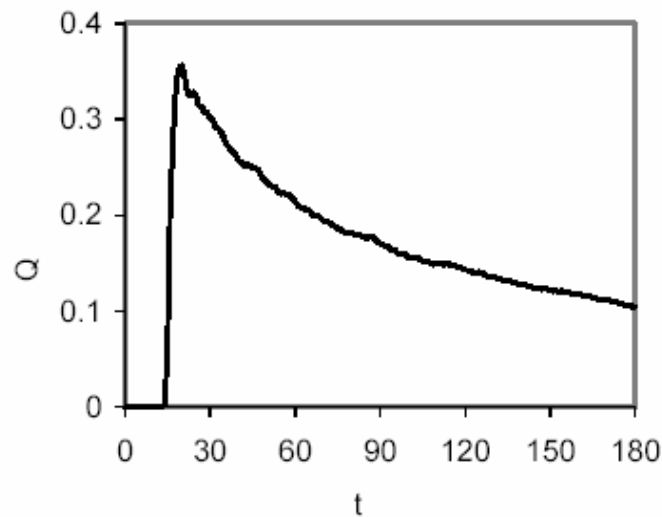


Рисунок 3 – Гидрограф входного расхода, задаваемый в физическом эксперименте [1]

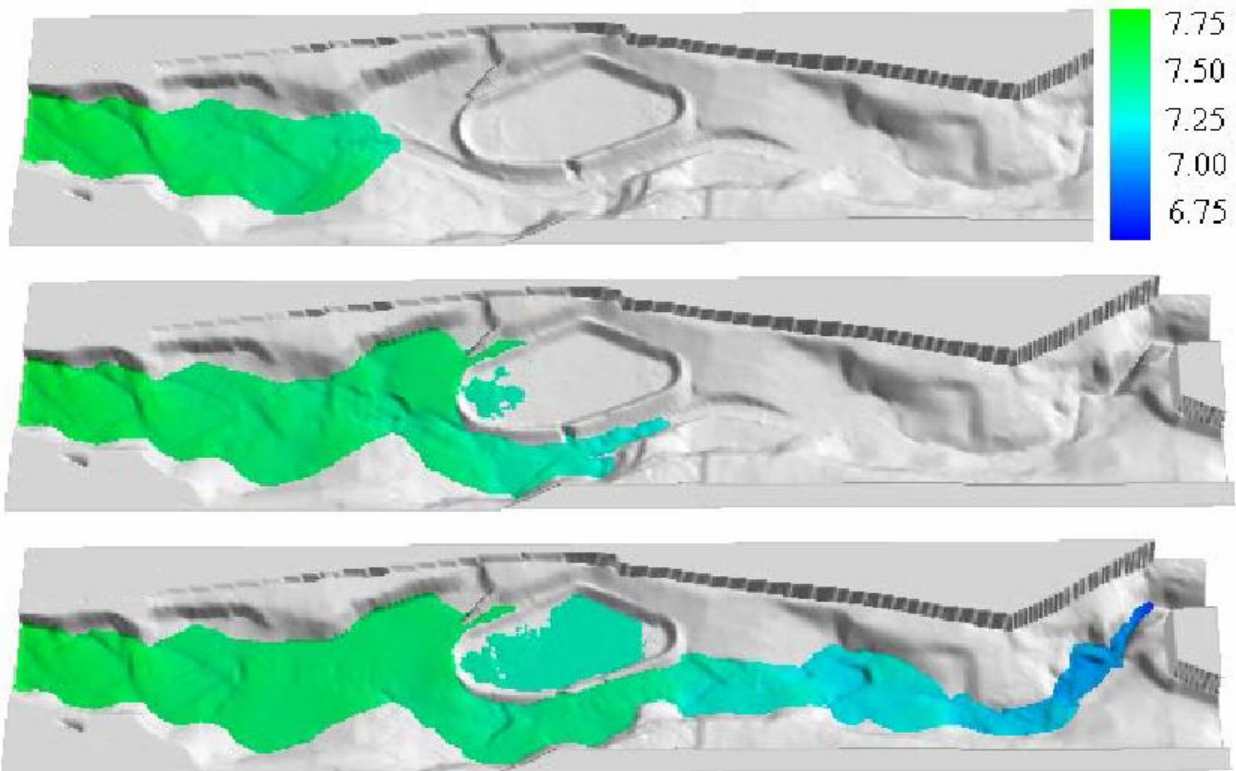


Рисунок 4 - Результаты численного моделирования с наложением физической модели; время 25, 35 и 56 секунд (сверху вниз)

Наблюдается хорошее соотношение результатов. В [1] сказано, что к точке 26 (рис.4) волна подходит через 40 с, что при численном расчете составило 40.058 с (при пересчете из безразмерного времени).

### **Заключение**

В результате проведенных численных экспериментов обнаружено хорошее совпадение с результатами физических экспериментов, выполненных в работах [1,2]. Предложенная модель упрощения расчета распространения волны прорыва по сухому основанию дает ощутимый (15-20%) выигрыш в машинном времени расчета. Анализируя получаемые результаты и сравнивая их с данными физических экспериментов, можно сказать, что данный программный комплекс дает возможность получать результаты, точность которых сопоставима с точностью вводимых данных (5%). В целом можно сказать, что рассматриваемый программный комплекс [3] может быть с успехом применен при моделировании распространения волны прорыва в реальных топологических условиях.

### **Литература**

1. Soares Frazao, S. and Testa G. (1999). The Toce River test case – physical model and analysis, *Proceedings of the 3rd CADAM workshop*, Milan.
2. Fraccarollo, L. and Toro E. F. (1995). .Experimental and numerical assessment of the shallow water model for two-dimensional dam-break type problems.. *J. of Hydraulic Research*, Vol.33, No.6, 843-864
3. Евстигнеев Н.М. Конечно-объемная TVD схема для решения 2D эволюционных уравнений мелкой воды. // *Журнал Вычислительные методы и программирование*. т.7 , 108-112., 2006г.

УДК 627.8 (083)

## **СОСТАВ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЛИКВИДАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ**

**О.А. Доронкина**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

При решении вопроса о ликвидации водохранилищ, потерявших свое первоначальное назначение и находящихся в предаварийном или аварийном состоянии, необходимо проведение инженерных изысканий акваторий водохранилищ и зон их влияния.

Изыскательские и исследовательские работы должны обеспечить безопасный спуск водохранилища, прогнозирование изменения экологической обстановки, а также определение компенсационных мероприятий в смежных областях хозяйственной деятельности (это – реконструкция системы водоснабжения населенных пунктов, предприятий; системы канализации и водоотвода; систе-



мы авто- и железных дорог, водного транспорта; а также рыбного хозяйства и рекреации).

В состав изысканий входят – гидрологические, гидрогеологические, геологические, геодезические, гидрометеорологические, экологические и др.

При инженерно-гидрометеорологических изысканиях выполняются исследования, обеспечивающие изучение:

- микроклиматических условий района водохранилища;
- особенностей гидравлического режима участков рек, бьефов гидроузлов;
- режима русловых и пойменных деформаций рек, переработке берегов водохранилища;
- условий формирования стока на участке реки;
- особенностей гидробиологического режима водохранилища (реки);
- водно-эрозионных процессов [1].

Для малых водохранилищ особое внимание уделяется определению максимальных, паводковых и ливневых расходов.

Основной задачей инженерно-гидрометеорологических изысканий является получение данных о:

- притоке воды в водохранилища с расчетом их обеспеченности: для объемов годового стока, по месяцам (max и min);
- фильтрационных расходах (потерях) из водохранилища через напорное сооружение и в обход его;
- степени затопления территории в нижнем бьефе при условии мгновенного сброса воды из водохранилища при разных отметках его наполнения [3].

При ликвидации объектов в состав инженерно-геологических изысканий должны входить:

- исследования по выявлению наличия загрязняющих веществ в геологической среде (донные отложения), опасных для здоровья населения;
- данные по обследованию состояния почвенного слоя;
- результаты изысканий грунтовых строительных материалов и материалов для рекультивации земель после ликвидации водохранилища;
- оценка опасности и риска от ликвидации объекта;
- рекомендации по хозяйственному использованию и инженерной подготовке территории, утилизации и нейтрализации материалов, опасных для здоровья населения, по рекультивации земель, ее осушению [1].

Выполнение полевых и камеральных работ должно производиться с учетом определения прочности берегов водохранилища на размыв; прочности грунтов (особенно на сдвиг); суффозионной прочности грунтов.

Должны быть установлены и отражены изменения геологической среды за период эксплуатации водохранилища, включая изменение гидрогеологических условий, состояние грунтов.

На подтапливаемых территориях следует устанавливать:

- наличие, распространение и интенсивность процесса подтопления на освоенных территориях, и возможность его возникновения;
- параметры водоносных горизонтов, показатели фильтрационных свойств водовмещающих пород и грунтов;
- положение критического (подтапливающего) уровня подземных вод;
- граничные условия области фильтрации;
- рекомендации по защитным сооружениям на период спуска водохранилища.

Инженерно-геодезическими изысканиями определяется топографическая съемка чаши водохранилища (после его спуска); съемка очертания русла и поймы водотока со стороны нижнего бьефа в пределах отметки наполнения водохранилища.

Изыскания источников водоснабжения на базе подземных вод должны выполняться с целью получения необходимых данных для строительства водозаборов подземных вод с незначительной потребностью в хозяйственно-питьевой воде. В состав изысканий источников должны входить гидрогеологическое обследование района водохранилища, опытно-фильтрационные работы, исследования состава и санитарного состояния подземных вод, обследование для проектирования зон санитарной охраны водозаборов. Техническое задание для изысканий должно содержать также потребность в воде; водоносный горизонт, планируемый для водоснабжения; требования к качеству воды; расчетный период водопотребления; предельное расстояние от водоисточника до потребителя и т.д.

Инженерно-экологические изыскания выполняются для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей среды под влиянием антропогенной нагрузки [2]. Здесь необходимо учитывать сведения об изменениях природной и техногенной среды за период эксплуатации водохранилища.

При ликвидации объекта надо рассматривать оценку деградации природной среды в результате функционирования гидроузла; оценку последствий ухудшения экологической ситуации и влияния его на здоровье населения; предложения по реабилитации природной среды.

В состав инженерно-экологических изысканий входят:

- почвенные исследования;
- оценка загрязненности, поверхностных и подземных вод;
- лабораторные химико-аналитические исследования;
- изучение растительности и животного мира;
- социально-экономические исследования;
- санитарно-эпидемиологические исследования и пр.

Почвенные исследования выполняются для оценки возможности использования земель, исходя из их ценности; оценки загрязненности почв.

Опробование почв и грунтов выполняют для их экотоксикологической оценки как компонента окружающей среды, способного накапливать значительные количества загрязняющих веществ. Химическое загрязнение почв и грунтов оценивается по суммарному показателю химического загрязнения.

Опробование и оценка загрязненности поверхностных и подземных вод следует производить для оценки качества воды как компонента природной среды, подверженной загрязнению, а также агентом переноса и распространения загрязнений.

Лабораторные исследования следует выполнять для оценки загрязнения почв, грунтов, поверхностных и подземных вод вредными химическими веществами или их соединениями различных классов токсичности.

Спуск водохранилища заметно влияет на условия существования растительного и животного мира.

Социально-экономические исследования рассматриваются как раздел, обеспечивающий перспективы социально-экономического развития района водохранилища, соблюдения интересов местного населения. Исследования должны включать:

- изучение социальной сферы (численности, уровня жизни населения и т.д.);

- медико-биологические и санитарно-эпидемиологические исследования, которые проводят для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений здоровья населения под влиянием экологических условий при реализации проекта (спуска водохранилища).

Водохранилище на р. Ягорбе в Череповецком районе Вологодской области можно рассматривать как водохранилище (совместно с гидроузлом), требующее проектных проработок для решения его статуса: действующее водохранилище с необходимостью реконструкции (возможно и перепрофилирования), или спуск водохранилища, разборка гидротехнических сооружений и дальнейшее освоение освобождающегося ложа [4].

Гидроузел на р. Ягорбе построен в 1982 г. с целью орошения сельскохозяйственных угодий: пашни площадью 250 га и пастбищ 360 га в ТОО «Шухободский» и «Абакановский» с подачей воды в объеме  $0,7 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>/год.

Кроме того, водопользователем Ягорбского водохранилища являлось и ЗАО «Малечкино» (промышленное птицеводство).

В связи с проходившей в государстве в 90 годах перестройкой и развалом сельского хозяйства на Ягорбском гидроузле было полностью демонтировано и растащено насосно-силовое и дождевальное оборудование.

Начиная с 1999 г. ежегодные комиссии по проверке технического состояния гидротехнических сооружений констатируют неудовлетворительное (аварийное) состояние водопропускных сооружений гидроузла, ремонт которых ве-

дется медленно и в недостаточном объеме в связи с минимальным финансированием ремонтных работ.

В целях безопасной эксплуатации гидроузла уровень воды в водохранилище спущен до отметки мертвого объема, что лишает водопотребителей возможности получения воды на свои нужды.

За последние годы из-за недостатка влаги мелиорируемые площади полностью (в отдельных местах частично) погибли.

Вопрос о существовании водохранилища, находящегося в федеральной собственности, с 2000 г. неоднократно ставится перед местными властями, но и районная, и областная администрации отказываются взять в свою собственность гидроузел из-за отсутствия средств для его восстановления и эксплуатации.

С другой стороны, в 2003 г. возрождающиеся хозяйства ЗАО «Шухободское» и ООО «Октябрьское» проявили заинтересованность в восстановлении орошаемого кормопроизводства, ЗАО «Малечкино» (промышленное птицеводство) также ходатайствует о восстановлении подачи воды из водохранилища к птицеводческой фабрике.

Для принятия решения о статусе водохранилища необходимо составить технико-экономическое обоснование (ТЭО), в котором, во-первых, должны быть решены вопросы рентабельности гидроузла, вопросы водопотребления, а значит и необходимого объема водохранилища, определены стоимости реконструкции гидроузла и подготовки ложа водохранилища и т.д. для случая оставления водохранилища в действующем состоянии. И, во-вторых, в случае ликвидации гидроузла и спуска водохранилища, определить стоимости ликвидации гидроузла, стоимость освоения освобождающейся территории ложа водохранилища и стоимость компенсационных затрат.

Для составления сравнительного ТЭО Ягорбского гидроузла необходимо провести инженерно-строительные и экологические изыскания в следующем объеме.

1. В случае ведения ремонтно-восстановительных работ или работ по репрофилированию:

- топографическая съемка дна и бортов водохранилища для определения объемов очистки ложа водохранилища для различных расчетных отметок НПУ (для возможного случая репрофилирования гидроузла, в данном случае ориентирование на использование водохранилища для рыбозаведения);

- топографическая съемка подводящих и отводящих участков водосборных сооружений (паводкового водосброса, донного водоспуска;

- топографическая съемка разрушенных участков земляной плотины;

- проведение изысканий по определению прочностных характеристик бетонных сооружений;

- проведение гидрологических, водохозяйственных и прочностных расчетов.

2. Для работ по ликвидации гидроузла, по спуску водохранилища и по освоению освобождающейся территории ложа водохранилища: экологические изыскания включают выявление водопотребителей, находящихся в верхнем и нижнем бьефах, т.е. тех, кто не сможет пользоваться регулярно в течение года речным стоком. Это в нижнем бьефе птицефабрика, сельскохозяйственные предприятия по корморазведению. В верхнем бьефе – рыболовство и рекреация. Определяется объем компенсационных мероприятий.

На сегодняшний день (после преддекларационного обследования гидроузла в 2003 г.) радикально ситуация на гидроузле не изменилась. Никто из возможных потенциальных собственников не хочет брать на свой баланс гидроузел на р. Ягорбе: надзирающие органы регулярно предъявляют эксплуатирующей организации предписания, имеющие юридическую силу: ежегодное бюджетное финансирование ремонтных работ составляет 300-400 тысяч рублей в год; уровень воды в водохранилище держится на УМО; сельскохозяйственные работы на основе полива, дождевания и пр. не производятся не только из-за отсутствия средств на их восстановление, но из-за отсутствия людей, которые смогли бы заниматься сельским хозяйством. К тому же, при наступлении чрезвычайных ситуаций гидроузел представляет собой потенциально опасный объект.

Разумное решение – готовить проектно-сметную документацию (с последующим проведением экологической экспертизы) на ликвидацию (консервацию) гидроузла и спуск водохранилища.

В Вологодской области, Вологодском районе на р. Тарзанка имеется пруд, находящийся на государственном бюджетном финансировании, который никому не нужен (даже в рекреационных целях), но средства на его эксплуатацию, ремонт и пр. продолжают расходоваться.

#### **Литература**

1. СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
2. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства.
3. Методические рекомендации по определению хозяйственной ценности искусственных водоемов, потерявших свое первоначальное назначение: их ремонту, реконструкции, перепрофилированию, а также методам их ликвидации. ВНИИГиМ, Москва, 2005.
4. Декларация безопасности водохранилища на р. Ягорба в Череповецком районе Вологодской области. ВНИИГиМ, Москва, 2003.

УДК 519.852.6

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ ВОДОЕМА – ОХЛАДИТЕЛЯ КуАЭС**

**Н.М. Евстигнеев, Д.А. Леонтьев**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Данная работа была выполнена для оценки изменения термического и гидродинамического режимов водоема – охладителя Курской АЭС (далее ВО

КуАЭС), при различных вариантах удлинения разделительной дамбы. Основные расчеты были произведены с использованием конечно – объемной численной схемы для решения задач Коши для нестационарных двумерных уравнений мелкой воды с условием Римана на контактном разрыве, предложенной д.ф.м.н. Евстигнеевым Н. М. [1]. В статье описаны результаты поверочного расчета, выполненного на основе спектрально – объемного метода численного решения уравнений мелкой воды [2].

Необходимость данной работы была вызвана тем фактором, что значительный объем воды, порядка 30 – 40 %, не участвует в процессе теплообмена с проектной интенсивностью. На общей картине течения это выглядит следующим образом: в восточной части акватории ВО, напротив торца разделительной дамбы формируется примыкающая к береговой линии обширная “застойная зона”. Подобные “застойные зоны” формируются также вдоль всей береговой линии ВО и вдоль южного берега разделительной дамбы (рис. 1). Удлинение струенаправляющей дамбы, по мнению заказчика, должно вовлечь в процесс интенсивного теплообмена объем воды находящийся в “застойных зонах”. Для численной реализации было предложено 3 варианта удлинения дамбы, на 1000, 1200 и 1500 м.

Для выполнения расчетов, на основе топографической карты, была создана цифровая модель рельефа дна ВО, представленная на рисунке 2. Математическая модель рельефа представляет собой сетку из  $\approx 4700$  спектральных объемов. При общей площади зеркала ВО КуАЭС (при НПУ) порядка  $21,5 \text{ км}^2$ , получается что один спектральный объем по площади приравнивается к  $4,5 \text{ т. м}^2$ , что для поверочного расчета вполне достаточно.

Для проверки правильности математической модели была выполнена ее калибровка: значения разности температур на входе и выходе из ВО КуАЭС, а так же распределение температуры по всей акватории ВО, были сверены с данными натурных наблюдений, после чего модель была признана адекватной. Поле температур для расчетного случая показано на рисунке 3 (цветовая шкала градуирована в  $^{\circ}\text{C}$ ).

Как показали расчеты, удлинение разделительной дамбы эффективно сказывается на вовлечении в интенсивный теплообмен “застойных зон”, находящихся в восточной части ВО напротив торца разделительной дамбы. Уменьшение поперечного сечения вызывает так же увеличение скоростей во всей восточной части ВО КуАЭС, а попеременное торможение и ускорение потока более эффективно сказывается на перемешивании водных масс, а следовательно, и на охлаждении потока. Так же благодаря данной конструкции на 12 – 15 % увеличивается время нахождения в пути и контакта с атмосферой частиц воды.

Однако, как показали расчеты, удлинение разделительной дамбы не дает большого эффекта. Так, например, удлинение ее на 1500 м (рис. 4 и 5), позволяет увеличить разность температур на входе и выходе из ВО КуАЭС всего на

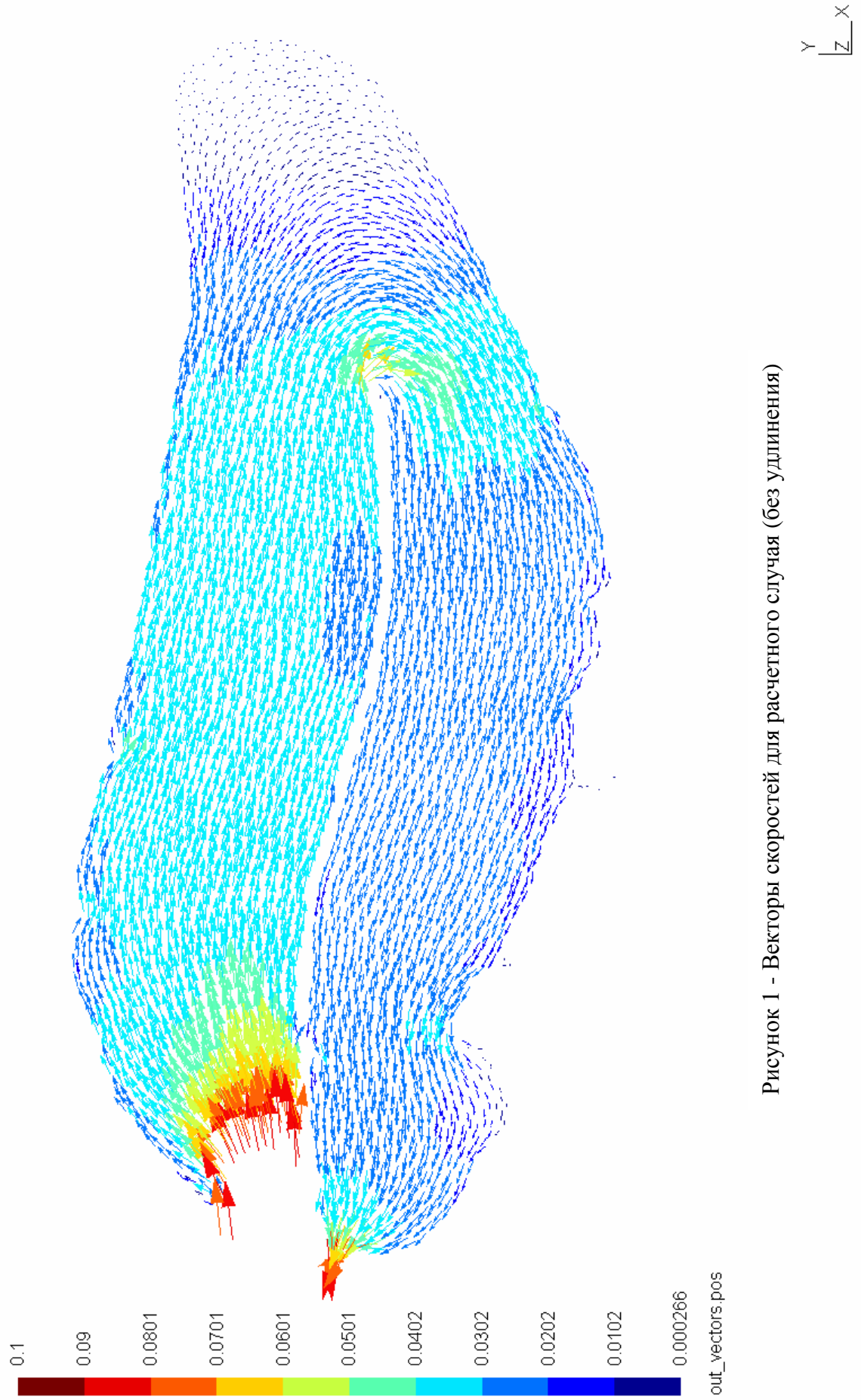


Рисунок 1 - Векторы скоростей для расчетного случая (без удлинения)

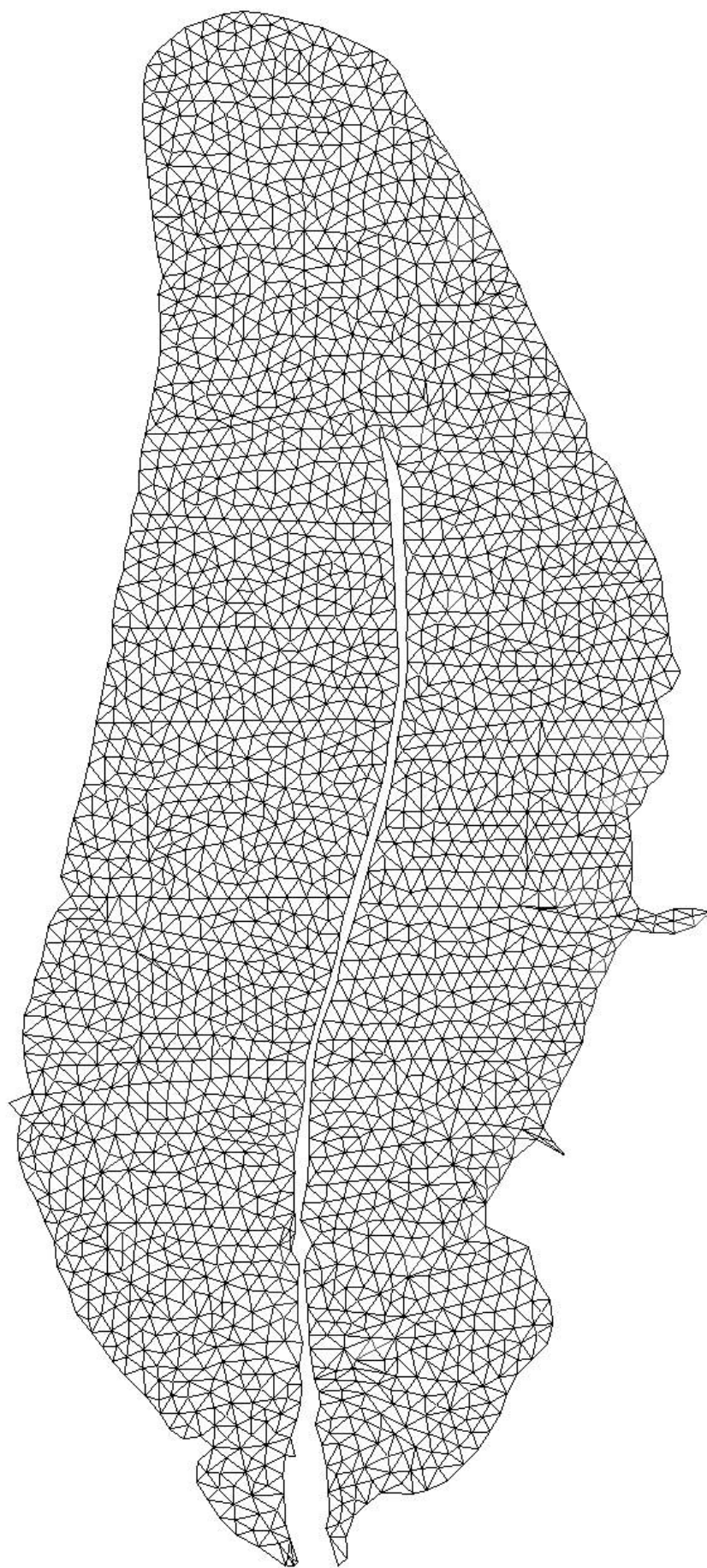
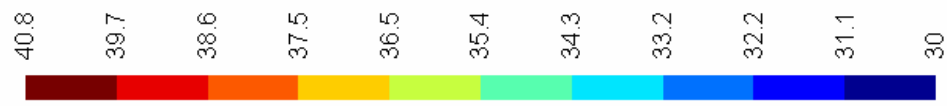


Рисунок 2 - Сетка конечных спектральных элементов.







280

out\_temp\_pos

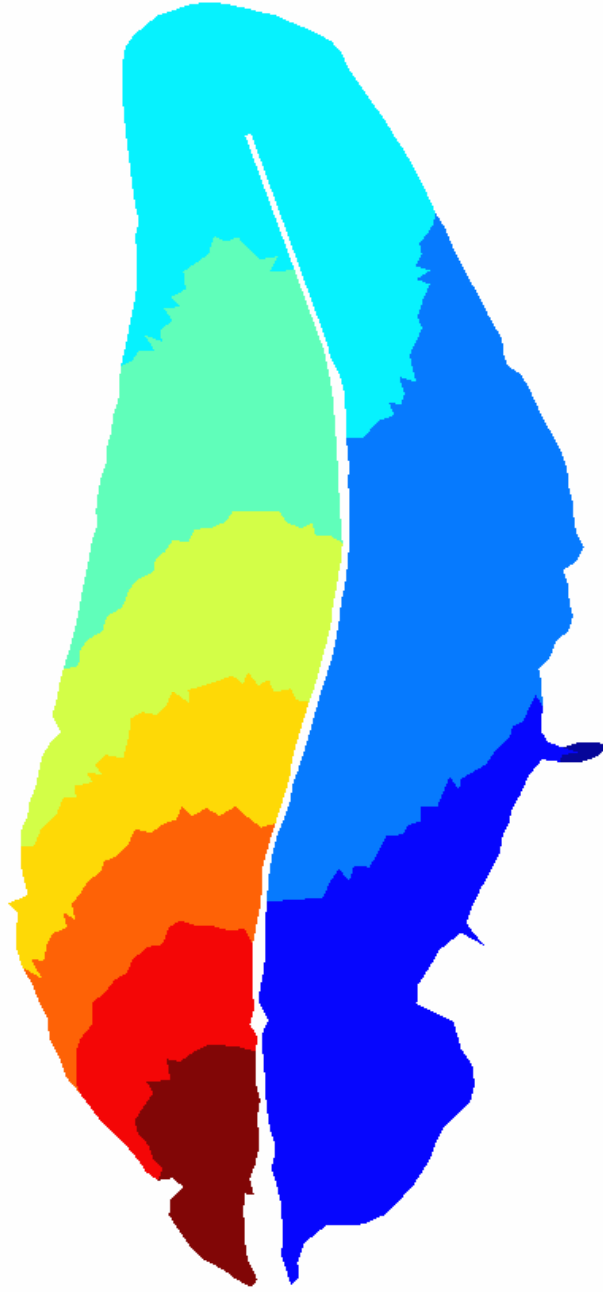


Рисунок 3 - Поле температур для расчетного случая (без удлинения)





Рисунок 4 - Поле температур для 3 варианта удлинения дамбы (1500м)



out\_temp.pos

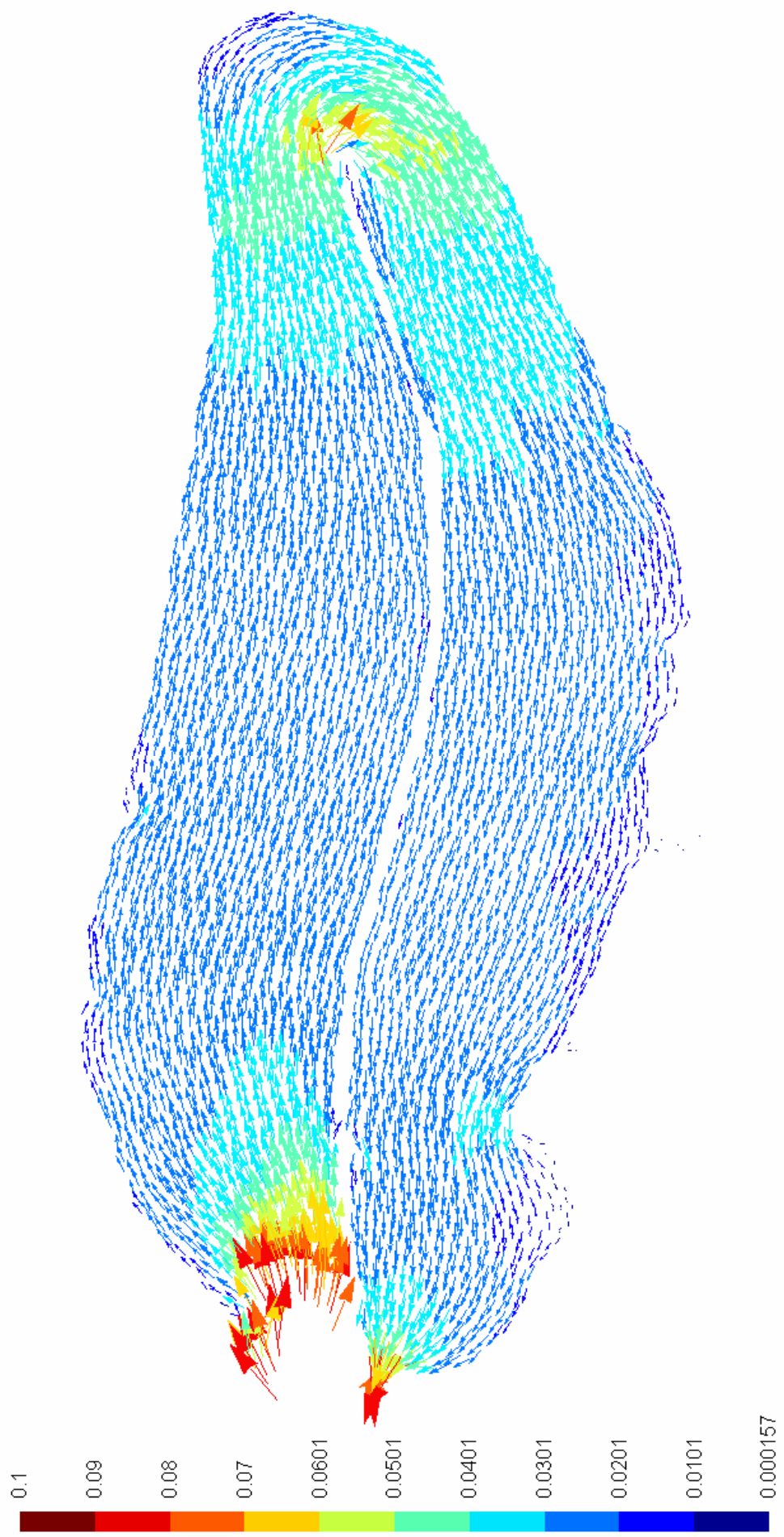


Рисунок 5 - Векторы скоростей для 3 варианта (1500 м)

out\_vectors.pos

0,75 C<sup>0</sup>, а удлинение на 1000 и 1200 м, всего на 0,45 и 0,55 C<sup>0</sup> соответственно. Вызвано это тем, что течение в водоеме носит ярко выраженный «прямолинейный характер», т.е. практически полностью, кроме поворота на 180° в торцевой части разделительной дамбы, отсутствует интенсивное перемешивание частиц воды в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Эта тенденция хорошо просматривается на рисунках, где показаны векторы скоростей для различных вариантов удлинения дамбы. Интенсивный теплообмен, происходит, в основном только с окружающей средой, т.е. охлаждающая способность пруда очень сильно зависит от температуры воздуха.

Таким образом, для безопасной и круглогодичной эксплуатации, особенно в летний период, с учетом прогнозируемого «глобального потепления», данной охлаждающей способности водоема – охладителя будет недостаточно.

### Литература

1. Евстигнеев Н.М. Конечно-объемная TVD схема для решения 2D эволюционных уравнений мелкой воды. // Вычислительные методы и программирование. т.7, 2006.г., стр. 108-112.

2. Гугушвили И.В., Гусев А.Е., Евстигнеев Н.М., Леонтьев Д.А. Новый спектрально – объемный метод численного решения уравнений мелкой воды. // Сборник научных трудов ГНУ ВНИИГиМ (в печати).

УДК 556.55 (470.62)

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ЗАКУБАНСКОГО МАССИВА

**В.В. Жирма, Ф.А. Тхагапсо**

Кубанский госуниверситет, ФГУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз»,  
Краснодар, Россия

Закубанский плавневый массив расположен по левому берегу Кубани ниже Краснодара, ограничен в плане линиями от р. Шуха (впадающей в Варнавинский сбросной канал) на западе до р. Четук на востоке и от левого берега р. Кубань на севере до Главного и Бокового хребтов на юге.

Площадь Закубанских плавней была равна 1010 км<sup>2</sup>. Всего рек в Закубанье 397, из которых 341 с длиной менее 10 км [2].

Реки территории могут быть объединены в четыре группы. Восточная группа включает реки Афипс, Шебш и Убин, сток которых аккумулируется в Шапсугском водохранилище. Это горные водотоки с ярко выраженным зимним паводочным режимом. В Крюковскую группу входят: Песчанка, Иль, Дибровина, Бугай, Азипс, Хабль, Ахтырь и Бугундырь. Первые пять из них впадают непосредственно в Крюковское водохранилище, а сток рек Хабль, Ахтырь и Бу-

гундырь перехватывается нагорными каналами и также направляется в Крюковское водохранилище. Центральная группа включает реки: Абин, Куафо, Шибик, Шипс, Адагум с притоками. Сток их попадает в Варнавинское водохранилище. Западная группа включает реки: Гойтх, Кудако, Псиф, Непитль, Хобза, Псбепс, Шуха, Гечепсин и другие, впадающие в Варнавинский сбросной канал и по нему в р. Кубань у ст. Варениковской.

Режим рек отличается чрезвычайной неравномерностью. Период с ноября по март характеризуется частыми и очень интенсивными, но кратковременными паводками, вызываемыми дождями, мокрыми снегопадами и снеготаянием, выпадающие при оттепелях дожди смывают неустойчивый снежный покров. Обычно в декабре-январе формируется годовой максимум уровней. Количество паводков достигает 7-8 в месяц. Продолжительность подъема и спада паводков в среднем 3-5 суток, иногда, при их совмещении 10-15 суток. Во время этих паводков проходит 75%, а в отдельные годы до 90 % годового стока. Устойчивая летне-осенняя межень, лишь изредка нарушается незначительными паводками. Летне-осенние паводки, вызванные интенсивными ливнями, лишь изредка превышают по высоте зимние. Из-за незначительной доли грунтового питания сток некоторых рек в летне-осеннюю межень приближается к нулю [3].

С начала 1950-х годов Закубанский массив подвергся коренному гидротехническому преобразованию. Построены Читукское, Шапсугское, Октябрьское (Тахтамукайское), Шенджийское, Крюковское, Варнавинское водохранилища, Афипская, Крюковская, Варнавинская оросительные системы. Неиспользованный сток из водохранилищ сбрасывается в р. Кубань.

Рассмотрим состояние наиболее крупных водоемов территории: Шапсугского, Крюковского и Варнавинского водохранилищ.

За годы эксплуатации в них произошли значительные изменения. Один из важнейших вопросов современного состояния водохранилищ – техническое состояние сооружений плотин, дамб обвалования и механической части.

Активное хозяйственное освоение пойменных земель Кубани приводит к тому, что с каждым годом все большие площади промышленных объектов, сельскохозяйственных земель, транспортных магистралей и селитебных территорий оказываются в зоне затопления паводками 1 %-ной обеспеченности.

В долинах рек Закубанского массива в зоне затопления расположены нефтяные и газовые скважины, трубопроводы, емкости для хранения нефти, газораспределительные станции и другие объекты.

Результаты исследований ФГУ «Управление Кубаньмелиоводхоз», ОАО ПИИ «Кубаньводпроект» показывают, что оборудование и сооружения гидроузлов находятся в сильно изношенном, а иногда и в аварийном состоянии.

В наибольшей степени это проявилось на Шапсугском водохранилище. Шапсугское водохранилище площадью 4570 га и объемом 150 млн. м<sup>3</sup> при НПГ принято в эксплуатацию 10 мая 1952 г. Первоначально предназначалось для ре-

гулирования паводков реки Афипс. В 1955 г. была построена Афипская рисовая оросительная система с водозабором из водохранилища площадью 7,5 тыс. га, расширенная в последующие годы до 16,4 тыс. га. Реки, впадающие в водохранилище, приносили в него в среднем 444 млн. м<sup>3</sup> воды в год (70–90 % стока приходится на зимний период (ноябрь–март), наиболее маловодна осень (сентябрь–октябрь) – 0,5–1,5 % годового объема) (табл. 1).

Таблица 1 - Внутригодовое распределение поверхностного притока в водохранилища Закубанского массива, % [3]

Водохранилище	I	II	III	IV	V	VI
Шапсугское	8,5	26,3	20,2	2,3	2,6	6,2
Крюковское	5,1	20,7	18,1	2,2	2,2	5,5
Варнавинское	19,1	29,3	7,4	12,2	6,3	1,1
Водохранилище	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Шапсугское	0,5	0,3	0,2	0,5	7,6	24,8
Крюковское	0,6	0,6	0,6	1,4	11,8	31,2
Варнавинское	1,1	0,2	0,7	0,33	5,27	17,0

Период интенсивной эксплуатации водохранилища составил более 50 лет. За это время разрушено крепление напорного фронта плотины, в результате чего неоднократно возникала угроза разрушения. В случае прорыва Шапсугского водохранилища, находящегося в критическом состоянии, возникает опасность затопления (по данным Росприроднадзора Республики Адыгея) для территории, на которой проживает около 80 тыс. человек.

Ремонтные работы оказались неэффективными, поэтому в мае 2002 г было решено провести полную реконструкцию водохранилища. К настоящему времени сооружения водохранилища остаются в аварийном состоянии. Требуется комплекс мер по улучшению состояния водохранилища, строительству дамб и укреплений.

Крюковское водохранилище сезонного регулирования построено на месте одноименного лимана. Эксплуатируется с декабря 1972 г. При НПГ площадь зеркала 40,2 км<sup>2</sup>, объем 111 млн. м<sup>3</sup> [4]. Годовой приток к Крюковскому водохранилищу составляет в среднем 149 млн. м<sup>3</sup>, из которых 85–87% объёма приходится на зимний период (ноябрь–март). Наиболее маловодный период – осенний (сентябрь–октябрь), всего 1–2 % притока.

На Крюковском водохранилище требуется реконструкция на участке северной дамбы, где зафиксирована просадка плит крепления протяженностью более 300 метров. Здесь интенсивное волнение при высоких уровнях и сильном ветре может привести к образованию прорана. В реконструкции также нуждается водосбросное сооружение. В сегодняшнем виде оно не соответствует тре-

бованиям сейсмостойкости. Выработало свой ресурс и требует замены подъемное оборудование затворов.

Варнавинское водохранилище эксплуатируется с декабря 1971 г. Площадь зеркала при НПГ 39,0 км<sup>2</sup>, объем 40 млн. м<sup>3</sup> [4]. Средняя величина годового притока к Варнавинскому водохранилищу и Варнавинскому сбросному каналу составляет соответственно 365 и 128 млн. м<sup>3</sup>, а внутригодовое его распределение показано в таблице 1.

На Варнавинском водохранилище систематически фиксируются оползни в пределах низового клина дамбы. Протяженность по фронту оползня до 50, иногда до 100 м. Таким образом, необходимо проведение мероприятий по повышению сейсмостойкости сооружений, нужно привести фактический профиль дамб в соответствие с проектным.

Отдельная группа вопросов относится к теме заиления водохранилищ.

Осадконакопление в водохранилище – сложный, многофакторный нестационарный процесс, включающий поступление седиментационного материала в виде наносов, его переработку и сортировку в водоеме, седиментацию и частичный вынос в нижний бьеф [5]. Осадконакопление, как и источники седиментационного материала, подвержено изменению за многолетний период в связи с колебанием климатических факторов и нестационарностью процесса размыва берегов. В малых водохранилищах отмечается уменьшение средней интенсивности заиления с увеличением продолжительности эксплуатации. На уменьшение интенсивности осадконакопления со временем некоторое влияние оказывают также уплотнение отложений и увеличение сброса взвесей в нижний бьеф.

Достоверный анализ процессов осадконакопления требует подробного изучения всех компонентов седиментационного баланса водоемов. Получение таких данных предполагает постановку систематических наблюдений. Для водохранилищ Закубанского массива объем таких данных явно недостаточен. На Шапсугском водохранилище одновременные наблюдения за стоком взвешенных наносов на трех основных реках (Афипс, Шебш, Убинка) проводились интеграционным методом в течение 7 лет. На основании этих данных получено, что за первые сорок пять лет эксплуатации водохранилища в него поступило 18,8 млн. м<sup>3</sup> наносов. Из них в среднем 6% (1,1 млн. м<sup>3</sup>) было сброшено в р. Кубань. Распределение отложений в водохранилище неравномерное. Большая их часть откладывалась в руслах впадающих рек в зоне выклинивания подпора и в верхней части водохранилища в виде бара наносов.

Результаты работ, выполненных ФГУ «Управление Кубаньмелиоводхоз», ОАО ПИИ «Кубаньводпроект» в 2006-2007 гг. по Крюковскому и Варнавинскому водохранилищам [4] показывают, что за период эксплуатации Крюковского водохранилища (1972 - 2006 гг.) в его чашу поступило с реками и прилегающей территории 4,13 млн. м<sup>3</sup> наносов. Расходная часть баланса наносов оценивается в 3-5 % общего объема. Для Крюковского водохранилища это со-

ставляет 0,28 млн. м<sup>3</sup>. То есть аккумуляция наносов в чаше достигла 3,85 млн. м<sup>3</sup>.

Отметим здесь, что выполненные аналогичным образом расчеты на период до 1997 г показывали объем наносов 2,78 млн. м<sup>3</sup>. Наносы распределены в чаше Крюковского водохранилища следующим образом. Большая их часть сосредоточена в зоне выклинивания подпора основных впадающих притоков – нагорного канала и рек Зыбза, Бугай, Иль. Здесь мощность заиления достигает 1 м. В естественных понижениях чаши водохранилища на месте Крюковского лимана мощность отложений составляет 0,5 м. На остальной части акватории водохранилища (80 % площади) мощность отложений до 0,1 м.

В балансе наносов Варнавинского водохранилища участвует, помимо наносов приносимых реками, материал, поступающий по Крюковскому соединительному каналу. Таким образом, суммарное поступление наносов в чашу составило с 1972 г. по 2006 г. 5,4 млн. м<sup>3</sup> (по рекам 4,90 млн. м<sup>3</sup>). Расходная часть баланса наносов, которая складывается из расходов на водозаборах и сбросов по Варнавинскому сбросному каналу, не может быть учтена достоверно. Она оценивается по аналогии с изученным Краснодарским водохранилищем в 3-5%. В этом предположении, для Варнавинского водохранилища получена величина 0,27 млн. м<sup>3</sup>. Аккумуляция, таким образом, составляет 5,13 млн. м<sup>3</sup> наносов. Сформировавшийся слой заиления водохранилища – до 0,6 м. Наносы тяготеют к устьевым участкам рек Абин и Адагум в зоне выклинивания подпора (до 1 м), устьевой части Крюковского соединительного канала (0,4 м) и к естественным понижениям чаши водохранилища (0,6 м). На остальной части акватории водохранилища мощность отложений составляет до 0,1 м.

Сравнительный анализ проектных и последующих (2007 г) данных, как для Крюковского, так и для Варнавинского водохранилищ, показывает заиление мертвого объема водохранилища до 30%.

Тенденция накопления отложений по устьевым участкам рек в зоне выклинивания подпора естественна для водохранилищ [1]. Не являются исключением и описываемые объекты. Проблема решается периодической расчисткой этих участков и их обвалованием для обеспечения пропуска паводковых расходов расчетной обеспеченности.

Обозначенные вопросы представляют собой лишь часть комплекса проблем, связанных с эксплуатацией гидротехнических сооружений Закубанского массива. Необходим анализ всего комплекса природных и хозяйственных условий, включая изменения природы в нижних бьефах. Отдельного рассмотрения требуют вопросы режима подземных вод, подтопления, заболачивания, эволюции почв и растительности в связи с гидрологическим режимом описанных водоемов.



## Литература

1. Жирма В.В. Гидрологический режим водохранилищ. Краснодар, 2006.
2. Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю. Река Кубань: гидрография и режим стока. СПб., 2005.
3. Нагалецкий Ю.Я., Жирма В.В. Реки // Физическая география Краснодарского края. Краснодар, 2000.
4. Правила эксплуатации Варнавинского и Крюковского водохранилищ. Гидрографические работы. Краснодар, 2007.
5. Прыткова М.Я. Осадконакопление в малых водохранилищах. Л., 1981.

УДК 532.5

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДОЛОГИИ РАСЧЕТА ТРЕХМЕРНОГО ПРОФИЛЯ СКОРОСТЕЙ РУСЛОВОГО ПОТОКА

**А.М. Кушер**

ГНУ ВНИИГИМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В работе рассмотрены вопросы подготовки и обработки данных в задачах расчета гидрометрических сооружений и поля скоростей в естественном (речном) русле.

Одним из основных факторов, влияющих на достоверность результатов, получаемых численным решением уравнений Навье-Стокса, является вид и качество подготовки граничных условий. В разработанном численном методе расчета гидрометрических сооружений применяется новое входное граничное условие “Глубина - профиль относительных скоростей”, позволяющее учесть предысторию потока [1]. В отличие от существующих полуэмпирических методов и расчетных формул разработанный метод позволяет повысить точность (до 2-3%), унифицировать процедуру расчета для разных типов сооружений и учесть гидравлические особенности режимов их эксплуатации. Последовательность обработки данных по этому методу представлена на рисунке 1. Технологически указанные процедуры реализованы в двух программных продуктах. Первый из них предназначен для выбора типа и геометрии сооружения, второй - для уточненного расчета расходной зависимости.

Исходными данными для расчета являются рабочий диапазон расходов, гидравлические и геометрические параметры сопряженных каналов, требования необходимой устойчивости к затоплению со стороны нижнего бьефа или (и) минимального подпора верхнего бьефа. Дополнительно могут задаваться требования к форме кривой расходной зависимости (например, для учета физического принципа действия применяемого измерителя уровня верхнего бьефа). Предусмотренные конструкции - водослив с тонкой стенкой и широким порогом, гидрометрический лоток критической глубины с длинной горловиной и

лоток без горловины. Для калибровки ранее построенных сооружений и разработки новых конструкций предусмотрен расчет конструкций с нестандартной геометрией или (и) ненулевым продольным уклоном.

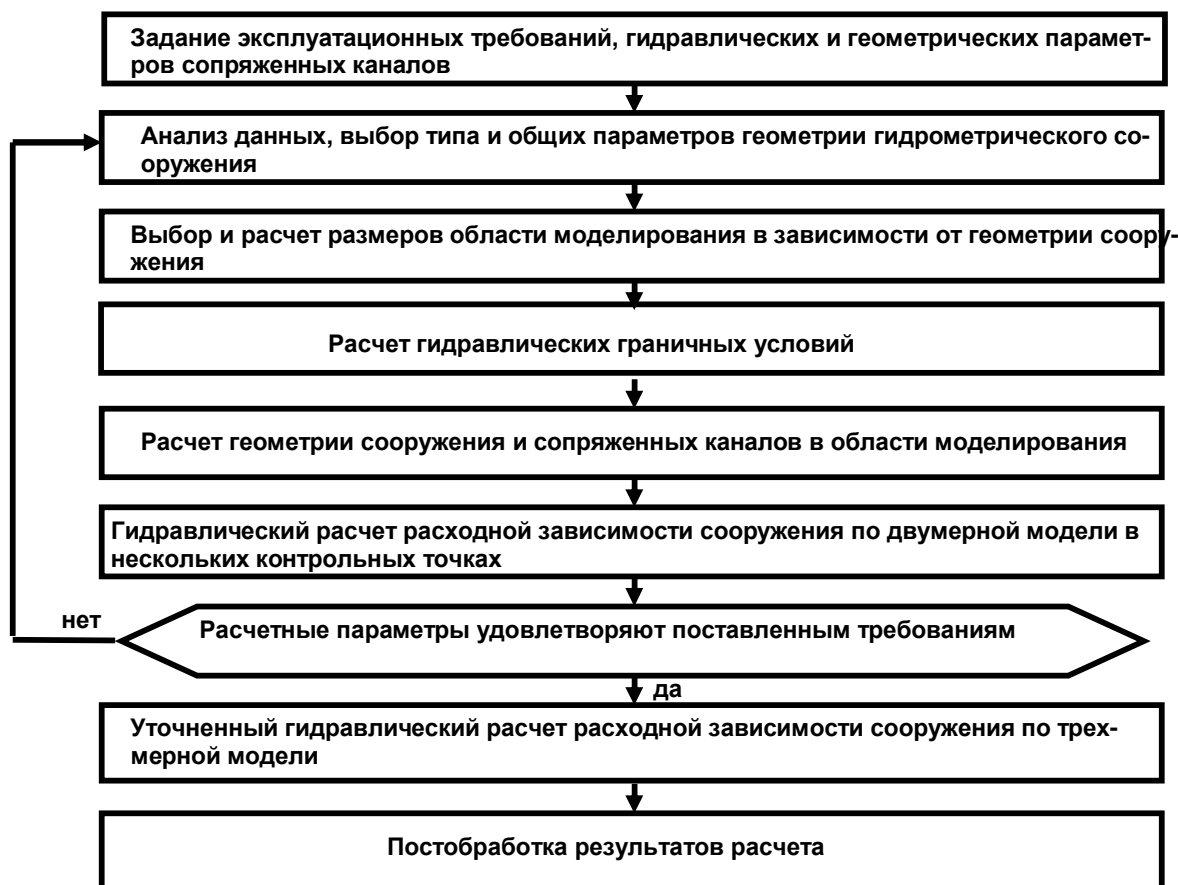


Рисунок 1 - Блок-схема расчета гидрометрического сооружения в открытом русле

При выборе сооружения гидравлический расчет выполняется по упрощенной двумерной модели с допущением линейности поперечного профиля скоростей. На входе расчетной области задается нормализованный профиль продольных скоростей, вычисляемый по материалам ИСО [2]. Расчет конструкций выполняется циклически по незафиксированным геометрическим параметрам. В конце каждого цикла выполняется анализ на соответствие поставленным требованиям. По окончании расчета выполняется отбор конструкции с лучшими эксплуатационными характеристиками. Промежуточные результаты (расход, число Фруда, расположение критического сечения, коэффициент затопления, статистические и другие параметры) регистрируются в журнале расчета. Для каждой точки расходной зависимости выводится графический протокол, отражающий динамику трансформации потока вдоль сооружения (свободной поверхности, профиля продольных скоростей, числа Фруда и соотношения полной кинетической и потенциальной энергий). Эти данные повышают объективность принятия решений при выборе сооружения, в частности, при оценке их

работоспособности в нестационарном (неустановившемся) режиме течения. Результаты расчета выводятся в табличной и графической формах (рис. 2). Ошибка расчета расхода для стандартных конструкций составляет ~5-6%, что в ряде случаев удовлетворяет поставленным требованиям. Уточняющий расчет выполняется по трехмерной модели с индивидуальными для разных типов сооружений граничными условиями.

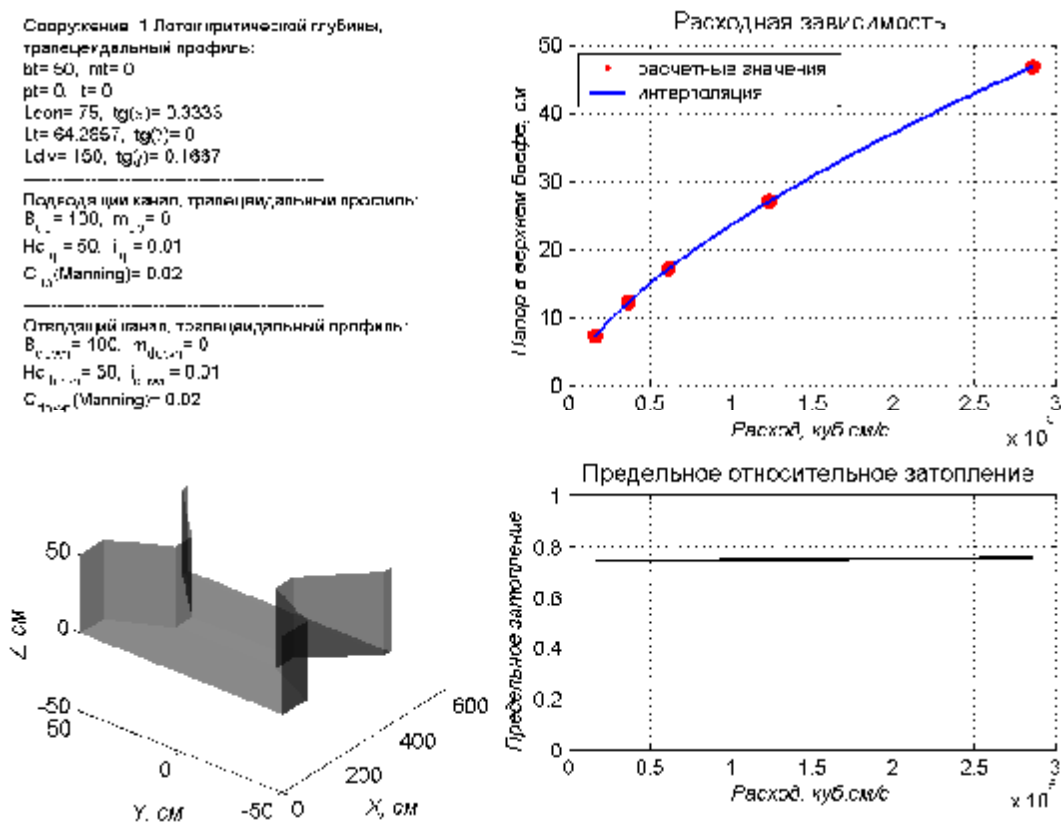


Рисунок 2 - Графический протокол предварительного расчета гидрометрического лотка

Основанием для практического применения гидромеханического метода для расчета потока в естественных руслах является возможность расчета трехмерного поля скоростей, что, в сравнении с одномерными моделями (например, модели Сен-Венана), обеспечивают более точное прогнозирование деформации (размыва) русла. Блок-схема подготовки данных и расчета трехмерного поля скоростей в естественном русле представлена на рисунке 3. Основной трудностью здесь является подготовка граничных условий на стенках, выполняемая по результатам полевых исследований профиля дна.

В настоящее время простейшим способом измерения профиля дна русла (гидрографической съемки) является эхолотирование с движущегося галсами судна (катера), на борту которого установлена система спутникового позиционирования. Автором предложена и реализована в научно-производственной организации "Эконг-ком" следующая методология измерения профиля дна на ос-

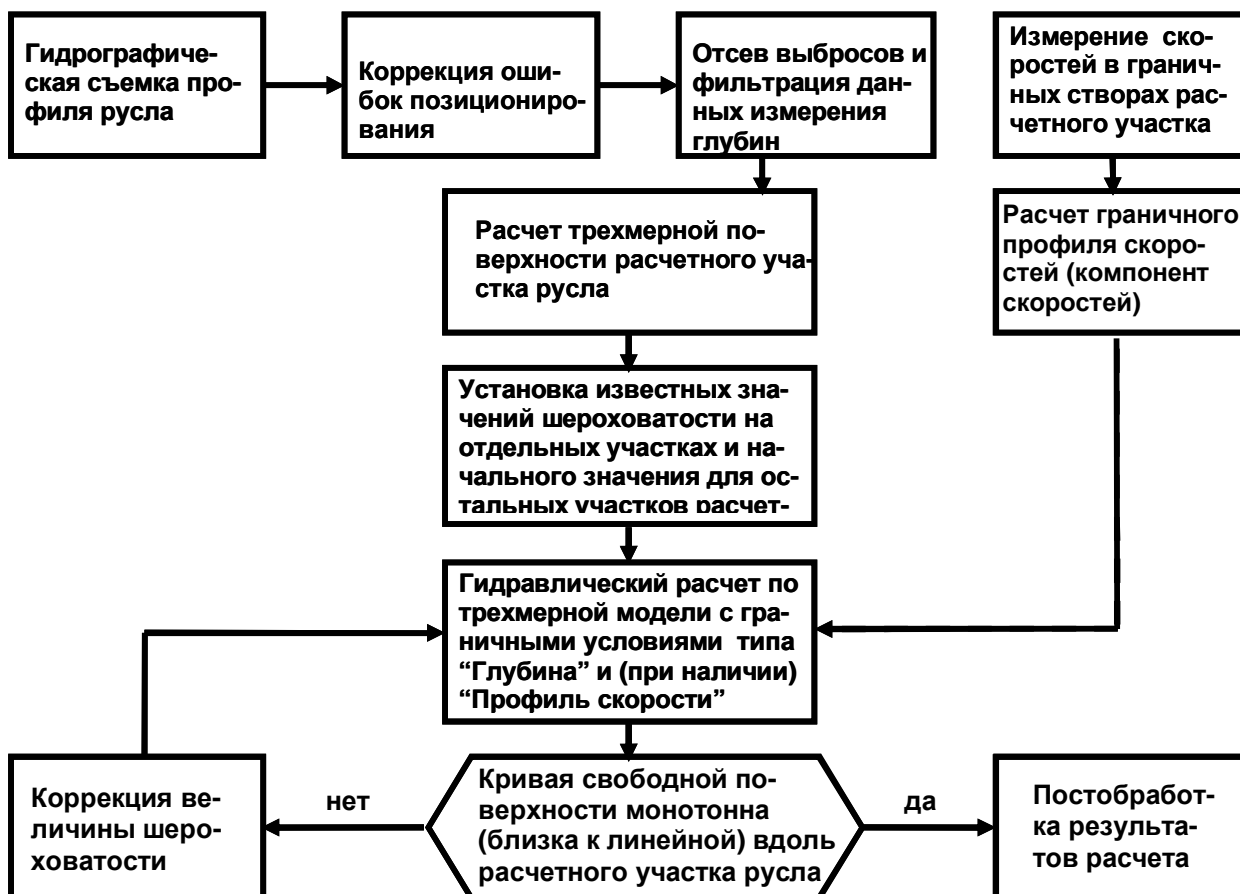


Рисунок 3 - Блок-схема подготовки данных и расчета трехмерного поля скоростей в естественном русле

нове однолучевого эхозондирования. На борту судна размещается обычный GPS приемник, работающий на частоте L1 по C/A коду и фазовый GPS приемник геодезического класса с внутренним накопителем данных, работающий, в отличие от геодезической съемки, в кинематическом режиме. Базовая станция фазового приемника располагается на берегу в реперной точке с известными координатами. Первый бортовой приемник служит для навигации по галсам в реальном времени, второй - для уточнения измеренных координат при постобработке. Указанная схема реализована с применением GPS приемников FX 324 Map и ProMark-2, эхолота Bathy-500MF и программных продуктов Ashtech Solutions, GNSS Studio и HyPack. Для расчета точных плановых координат точек эхозондирования при постобработке разработана компьютерная программа, алгоритм которой основан на интерполяции данных относительно единых для обоих приемников временных отметок в сигнале спутников. По данным калибровки точность измерения глубин (на частоте излучения антенны эхолота- 200 кГц) - 5-10 см. Плановая точность позиционирования в зависимости от качества геометрии созвездия спутников (PDOP), расстояния от базы и соотношения сигнал/шум (SNR>12)- не хуже 20-40 см. В сравнении с рассмотренной, более точные RTK системы (фазовые системы с радиомаяком в реперной точке, пере-

дающим роверу координатную дифпоправку в реальном времени) не имеют существенных преимуществ при работе на реках. Это объясняется нестабильностью пространственного положения движущегося судна и неприменимостью существующих прецезионных гироскопических датчиков качки, крена и дифферента при однолучевом эхозондировании, в частности, из-за невозможности выдерживания паузы после выхода судна из поворота (перед заходом на очередной поперечный галс). Преимуществами рассмотренного метода по сравнению с RTK технологией являются на порядок меньшая стоимость аппаратной реализации и отсутствие необходимости получения рабочих частот и разрешений для выхода в эфир на каждом объекте.

X, Y, Z - координаты дна в измеренных точках вычисляются по данным измерения уровня воды в контрольных створах и координатам базовой реперной точки. На последней стадии подготовки данных производится отсев выбросов и фильтрация данных. В разработанной автором для этих целей программе предусмотрены процедуры экранного редактирования, одномерная (вдоль треков) и пространственная (по площади) фильтрация данных, исходя из необходимой детализации рельефа.

После первичной обработки данных вычисляется трехмерный профиль русла, на котором может задаваться известная на отдельных участках шероховатость дна. Шероховатость задается в форме средней высоты выступов.

Тип задаваемых гидравлических граничных условий зависит от необходимой точности расчета, наличия исходных данных, кривизны потока в плане и других факторов. Для низкоскоростного потока (например, в водохранилище) достаточно указать уровень воды на входе и выходе из расчетной области. В расчете потока на криволинейном участке речного русла, помимо уровня, дополнительно задаются граничные профили продольной и поперечной компонент скорости. Для случая, когда полевые измерения скоростей выполнены с применением однокомпонентного измерителя (гидрометрической вертушки), предусмотрен расчет граничного профиля поперечных скоростей по известному профилю полных скоростей с учетом угла входа потока в расчетную область, определяемого, в свою очередь, из анализа картографических данных.

Для определения шероховатости дна, которая в общем случае неизвестна, выполняется ряд ускоренных циклических расчетов с разной величиной шероховатости на прореженной трехмерной сетке (“калибровка модели”) с анализом кривой свободной поверхности в каждом цикле расчета на линейность вдоль русла. При необходимости детализации структуры потока на отдельных участках расчет повторяется с граничными условиями, найденными из расчета на грубой сетке. На рисунке 4 приведены расчетный и экспериментальный профили скорости в промежуточном створе р. Обь на расстоянии ~1500 м от входной границы расчетной области.

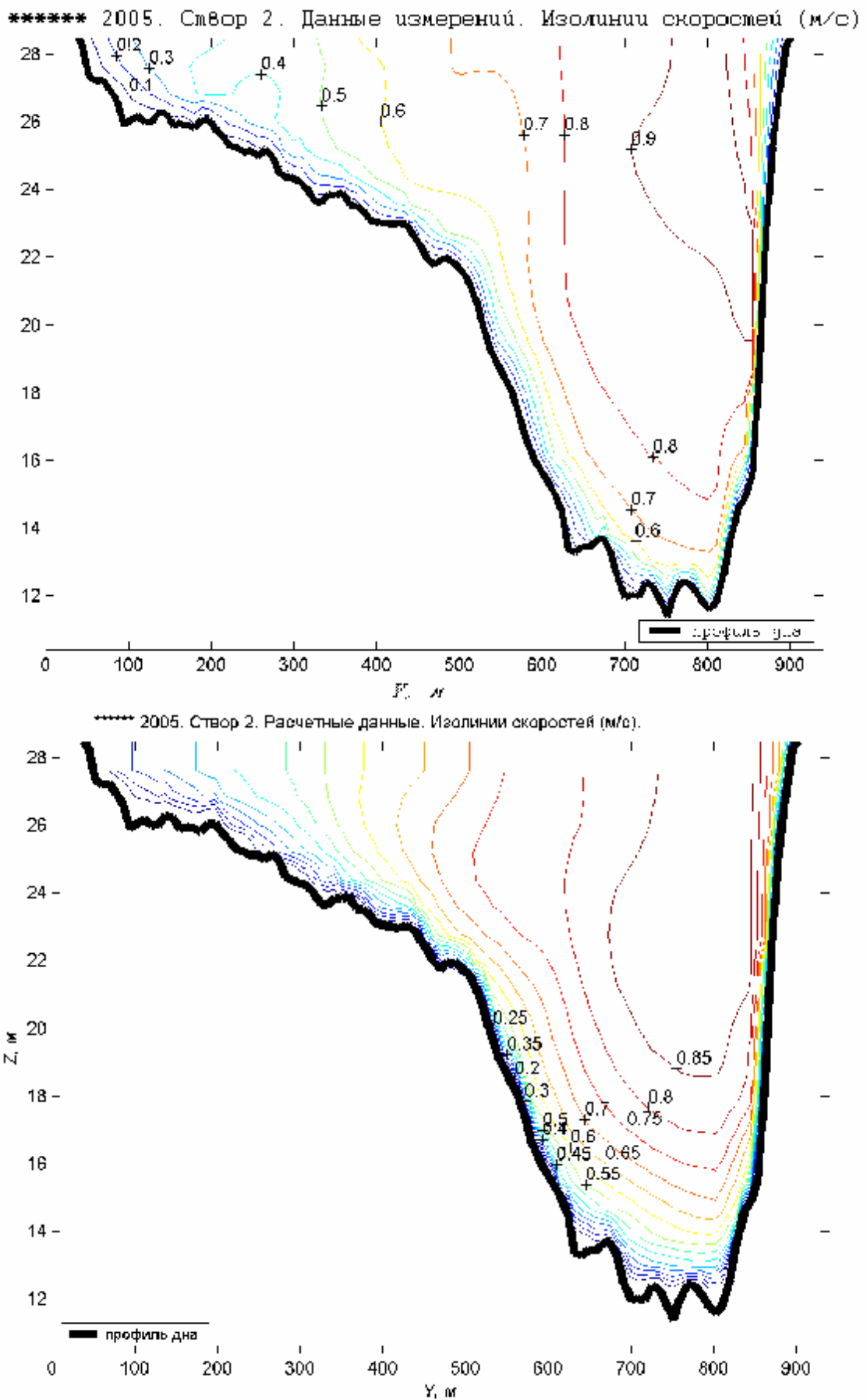


Рисунок 4 - Экспериментальный и расчетный профиль скорости потока в промежуточном (контрольном) створе речного русла (р. Обь)

Разработанная методология и программные продукты обеспечивают подготовку данных и расчет гидрометрических сооружений с заданными расходными и эксплуатационными характеристиками, а также расчет и анализ трехмерной кинематической структуры водного потока в непризматических (речных) руслах.

#### **Литература**

1. Кушер А.М. Компьютерная технология расчета гидрометрических сооружений // "Мелиорация и водное хозяйство", №5, 2004, с.50-53.
2. ISO 4359 "Liquid flow measurement in open channels – Rectangular trapezoidal and U-shaped flumes". – Geneva, ISO, 1999.

УДК 631.31: 631.6

## **НОВОЕ В МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

**А.А. Левчиков**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В статье «Майский Пленум 1966 г. и наша СНГ действительность «Камо грядеши»» (2006), проф. д. т. н. В.А. Духовный, проанализировав весь путь развития орошаемого земледелия в СССР и СНГ, показал сегодняшнее состояние орошаемых земель в различных странах СНГ и ближних наших зарубежных соседей. Он в цифрах представил, в каком положении ранее находилось и, в каком сегодняшнем положении оказалось их орошаемое земледелие после распада СССР и всего социалистического лагеря. Положение это довольно незавидное, можно даже сказать критическое, с точки зрения продовольственной безопасности этих стран. Пока странам СНГ удаётся сводить концы с концами, хотя первая ласточка уже была, это тяжёлое положение, которое сложилось с зерном на Украине. Украину выручили Россия и Казахстан, а что же дальше. Что ждет народы стран СНГ в будущем, при изменении климата, при грядущем повышении цен на питьевую (поливную) воду.

В строительство орошаемых земель в России вложены очень большие деньги. Сейчас около трети этих земель находятся в деградированном состоянии. Они подтоплены, засолены и опустынены. Почти пятнадцать лет этими землями никто не занимался. Не заниматься и разбрасываться этими землями уже становится «не по-хозяйски». Заниматься, конечно, надо и уже постановлением Правительства №99 от 20 февраля 2006 года федеральная целевая программа «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы» утверждена. В этой программе намечено выполнение работ

по предотвращению выбытия из сельскохозяйственного оборота 3,2 млн. га сельхозугодий и введение в оборот 1,7 млн. га таких угодий. Предполагается ввод в эксплуатацию 160 тыс. га орошаемых земель и защита 80 тыс. га от затопления и подтопления. Настораживает, правда, некоторая недоработанность программы, недосказанность и отсутствие четкости в постановке задач, от выполнения которых может полностью зависеть результаты всех усилий по программе. Например, где и сколько предполагается построить закрытого глубокого дренажа на деградированных орошаемых землях, какой предполагается строить дренаж и какая плотность дренажа должна быть на гектаре и, следовательно, на всём орошаемом массиве земель, с целью скорейшего введения этих земель в эксплуатацию. Какую технологию укладки дренажных труб следует применять и, какие трубы укладывать, чтобы ускорить сброс грунтовых вод.

В настоящее время в России нет ни одного дреноукладчика для строительства глубокого, закрытого дренажа, способного работать не только в мокрых грунтах, но даже и в сухих. Правда, как показал опыт строительства глубокого закрытого дренажа в сухих грунтах, он недолговечен (Матвеев, 1989 г.). Да и при существующих, разработанных в последние годы технологиях и средствах механизации, такие дреноукладчики и экскаваторы-дреноукладчики практически уже никому не нужны.

Ещё в 1986-1988 годах, в связи с массовым выходом из сельхозоборота орошаемых земель, по заданию Минводхоза СССР во ВНИИГиМ автором был разработан метод укладки дренажных труб в водонасыщенных грунтах. Была разработана конструкторская документация, изготовлен и испытан дреноукладчик типа «Арал». Дреноукладчик представляет собой самоходную гусеничную машину, выполненную на базе узлов тракторов К-701М и Т-130. Рабочий орган дреноукладчика цепной, навесного типа, привод механический. Особенностью рабочего органа является применение узкой цепи шириной 0,4 метра с разрыхляющими грунт элементами. Вращение цепи осуществляется в направлении поступательного движения дреноукладчика сверху вниз. Разработка грунта осуществляется в передней нисходящей части цепи, при этом рыхлящие элементы разрыхляют грунт, и частично переносят его через нижнюю точку активного рабочего органа, в зону разгрузки. За активным рабочим органом расположен бункер дреноукладчика с направляющим желобом для укладки пластмассовой, гофрированной дренажной трубы. Такой тип бункера был разработан под широко применяемый и, практически, в то время единственный тип дренажной трубы.

Под действием тягового усилия базового движителя, бункер протягивается в полости, заполненной водонасыщенным, разрыхлённым грунтом. Бункер выполнен в виде конструкции коробчатого сечения с шириной меньшей ширины активного рабочего органа, а трубоукладочное устройство смонтировано по оси бункера. Такая компоновка бункера позволяет разрыхленному и водонасыщен-



ному грунту обтекать между стенками бункера и стенками грунтовой полости трубоукладчик и заполнять пространство полости в грунте над трубой. Бункер-трубоукладчик имеет приемное устройство для подачи защитно-фильтрующего материала в область укладки дренажной трубы. Дреноукладчик типа «Арал» ДУ-4001(образец 1988 г.) представлен на рисунке 1.



Рисунок 1- Общий вид дреноукладчика «Арал» (ДУ- 4001)

В отличие от всех ранее применявшихся экскаваторов-дреноукладчиков, которые осуществляли вынос грунта из траншеи на поверхность грунта, дреноукладчики типа «Арал», оставляют грунт в разрабатываемой полости, оставляя небольшой валик грунта над полостью. Испытания этого дреноукладчика подтвердили его высокую эффективность при работе на переувлажнённых грунтах с уровнем грунтовых вод значительно выше глубины укладываемого дренажа, а общее тяговое сопротивление не превышает 5-7 тонн. При этом было отмечено, что наибольшая эффективность и производительность этого дреноукладчика достигается при наивысшем уровне грунтовых вод, то есть при полной полевой влагоёмкости грунта. При снижении уровня грунтовых вод по трассе строительства дренажа происходит снижение производительности дреноукладчика за счет повышения тягового сопротивления грунта, при протаскивании в полости бункера-укладчика.

Таким образом, наиболее предпочтительное состояние деградированных орошаемых земель, в которых необходимо строить дренаж, это самый высокий уровень грунтовых вод, при котором в грунте содержится максимально возможное количество свободной воды. Однако все существующие СНиПы и ГОСТы запрещают укладывать гофрированную перфорированную пластмассо-

вую трубу без обсыпки песчано-гравийной смесью в водонасыщенный неструктурированный грунт и воду. Тем самым, даже при наличии уникального дренажера, из-за низкой водоприёмной способности трубы и неэффективности полиэтиленовых гофрированных труб, которые могут изменять свое положение в водонасыщенных грунтах и воде, технология строительства дренажа на деградированных землях обрастает операциями, по доставке и перегрузке песчано-гравийной смеси (ПГС), значительно усложняющими и удорожающими эту технологию. Кроме того, возможность намкания песчано-гравийной смеси в нижней части бункера, что имеет место при высоком стоянии УГВ, вызывает колматацию последнего и зависание ПГС в бункере укладчика. Такое положение имело место и при испытании «Арала» (рис. 2).



Рисунок 2 - Технологическая операция укладки гофрированной, перфорированной трубы с обсыпкой её ПГС

На фотографии видно, как в процессе укладки дренажной трубы, песчано-гравийная смесь не поступает в бункер, а пересыпается мимо, так как бункер ПГС переполнен смесью.

Анализ взаимодействия водонасыщенного и разрыхлённого грунта с дренажной трубой, при напорном движении гравитационной воды к дренажной трубе, позволил обосновать цель разработки дренажной трубы, обладающей максимально возможной водоприёмной способностью.

С этой целью, а также с целью удешевления технологии строительства дренажа и сокращения количества операций в технологии строительства закры-

того горизонтального дренажа на орошаемых землях с высоким УГВ, в 2004 году была разработана конструкция дренажной трубы для дреноукладчиков типа «АРАЛ». Она позволяет при невысокой себестоимости и меньшей, чем у перфорированной трубы прочностью иметь практически максимально возможную водоприёмную способность. Конструкция дренажной трубы, или правильнее, дренажной системы, так как она может иметь в поперечном сечении любую форму (круг, эллипс, треугольник, трапецию и т. д) оригинальна, и защищена Патентом Р.Ф.№ **2218460** «Дренажная труба». Конструкция дренажной трубы (системы) сборная, состоит из 3-х элементов, поперечного, продольного, он применяется на всех без исключения системах, независимо от формы поперечного элемента и соединительного элемента, соединяющего воедино всю систему. Такая дренажная труба представлена на рисунке 3. В качестве фильтрующего элемента может быть использованы незаиляемые фильтрующие ткани типа «Тайпар» фирмы «Дюпон» (Голландия) и конструкции ВНИИГиМ по авторским свидетельствам СССР (Кирейчева Л.В. и др.).

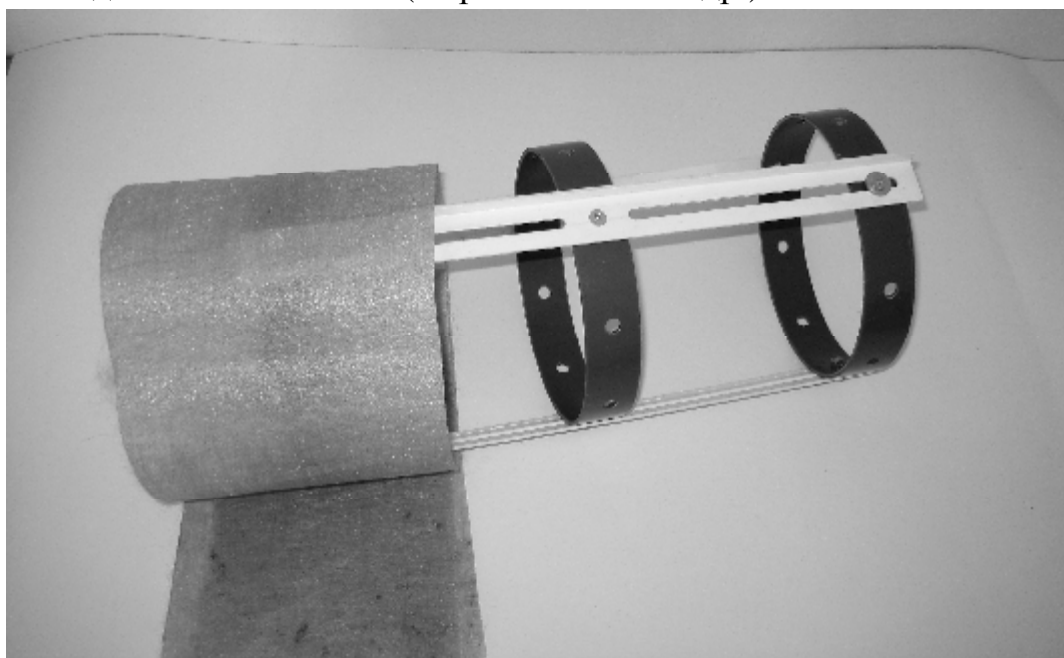


Рисунок 3 - Конструкция дренажной системы с незаиляющейся фильтрующей тканью «Тайпар» (Голландия)

Технология восстановления орошаемых земель предусматривает минимальное, по отношению с существующими технологиями, количество операций. Это вынос проекта в натуру; раскладка по трассе укладки дрены фильтрующей ткани, которая является внешней оболочкой дренажной трубы, раскладка и монтаж на этой ткани каркаса трубы, закрепление на каркасе фильтрующей ткани; укладка дренажной системы.

Изготовление каждого из элементов производится на термопластавтоматах, что позволяет значительно уменьшить стоимость их изготовления по сравнению с перфорированной гофрированной трубой, изготавливаемой с помощью

экструдера. При этом элементы трубы изготавливаются из самых дешевых пластических материалов, в основном, вторичной переработки.

В настоящее время дреноукладчик типа «Арал» ДУ-4003, изготовленный на ОАО «ИРМАШ» (г. Брянск) в 2004 году, которому не нашлось места для работы в России, находится в Луганской области Украины. Предположительно, начиная с 9 мая 2007 года, начнет действовать Программа Луганской области направленная на улучшение состояния орошаемых земель области, повышения качества жизни и социальной защищённости жителей подтопленных деревень и поселков, восстановления автомобильных дорог Украины.

УДК 631.61

## **ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ЗЕМЕЛЬ**

**З.М. Маммаев, А. А. Малышев**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В гумидной зоне России, ввиду отсутствия системного ухода за мелиорируемыми землями, происходит их деградация, вторичное зарастание кустарником, заболачивание и падение продуктивности угодий. Особенно интенсивно процесс зарастания кустарником идет на естественных кормовых угодьях, где ранее были проведены осушительные мероприятия, в т.ч. и по сухой культуртехнике. За последние 25 лет более 30 млн. га кормовых и пахотных угодий ушло под кустарник и кочки.

При сохранении подобных тенденций будет возрастать репродуктивность мелиорируемого фонда и будет сохраняться опасность выхода большинства кормовых угодий из эксплуатации через 10 – 15 лет.

Для предотвращения негативных явлений и восстановления потенциала вторично заросших земель могут быть использованы универсальные агрегаты МП -18 и МП – 19 на тракторах промышленной и болотной модификации кл. 10, мощностью кВт(170 л.с.). Универсальные агрегаты МП – 18 и МП -19 предназначены для удаления древесно-кустарниковой растительности при мелиорации земель в сельскохозяйственном производстве. Универсальность агрегатов заключается в том, что они имеют комплекс сменных рабочих органов, базирующихся на универсальной раме передней навески к трактору кл. 10 (Т – 130 Г, Т-170 Г). Агрегат МП – 18 в своем составе имеет следующие сменные рабочие органы: корчевальный отвал с клыками и с возможностью подвески боковых приставок, увеличивающих ширину захвата при работе в режиме собирателя, одноотвальный кусторез, кустарниковые грабли передней навески и кор-

чевальную борону на задней гидронавеске. Кроме того, к кусторезу прилагаются дополнительно съемные ножи для выполнения небольших объемов земляных работ при засыпке ям, оставшихся после корчевки и др. неровностей.

Агрегат МП – 19 базируется на том же тракторе кл. 10 болотной модификации с шириной гусеничной ленты 1.0 м. Он предназначен для расчистки сильно переувлажненных пойменных минеральных болот и заболоченных торфяников.

Поскольку в настоящее время упомянутые агроландшафты не осваиваются, а на уже осушенных землях агрегат МП – 19 менее эффективен из-за низкой маневренности, на наш взгляд, для современных условий более адекватен универсальный агрегат МП – 18. Агрегат МП – 18 предназначен для корчевания, вычесывания срезания ДКР и сгребания ее в кучи, валы или для перемещения ее за пределы осваиваемого участка (табл. 1).

Таблица 1 - Техническая характеристика универсального корчевального агрегата МП – 18

Показатели	Вид оборудования				
	Корчеватель	Корчеватель-собирающий	Кусторез	Кустарниковые грабли	Корчевальная борона
Ширина захвата рабочего органа, м	1,5	2,5	4	4	3,8
Наибольший диаметр корчующих пней, см	65	-	-	-	-
Диаметр корчующих деревьев, мелкокося и кустарника, см	25	15	-	8	8
Техническая производительность га/ч, шт./га	0,28	0,30	0,815	0,653	0,955
	56	-	-	-	-
Наибольшая масса корчующих камней, кг	Не более 3,0				
Среднее давление на грунт, МПа	0,067	0,068	0,072	0,067	0,075
Масса навесного оборудования, т	0,95	1,2	1,35	1,0	1,45

В условиях вторичного зарастания мелиорируемых земель кустарником для его удаления наиболее производительное и эффективное использование корчевальной бороны, т.к. в этом случае процесс извлечения кустарника – вычесывания

вание можно вести непрерывно. Но, а если встречаются крупные стволы, то их можно выкорчевывать передним корчевальным оборудованием.

Технологический процесс вычесывания кустарника корчевальной бороной выполняется обычно челночным способом. Первым проходом бороны производят вычесывание по продольной стороне участка. Второй раз агрегат движется в поперечном направлении. Наилучшие результаты достигаются при корчевке мелкого кустарника высотой 2,0 – 3,0 м боронами на легких почвах.

Взаимно перпендикулярные проходы корчевальной бороны позволяет ликвидировать огрехи, остающиеся каждый раз после прохода 7 – 10 м из-за необходимости поднимать раму для разгрузки рабочего органа забитого кустарником между клыками.

Прочесанному корчевальной бороной участку дают возможность просохнуть в течение 2 ... 4 недель, после чего приступают к сбору ДКР в валы и кучи корчевателем – собирателем, кустарниковыми граблями или собирателями – погрузчиками СП – 3,2, МП – 15 или К -70.

Временной интервал между вычесыванием и сгребанием или сбором необходим для просыхания почвы на корнях кустарника и качественной сепарации почвенного слоя от пней. Этим достигается значительное снижение объема сгребаемой в месте с ДКР в валы и кучи почвы. Объем этот с 300 ... 400 т/га сокращается до 100 ... 150 т/га, т.е. в 2 и более раза.

ВНИИГиМ совместно с ЛитНИИГиМ и Нелидовским заводом Торфмаш создано семейство собирателей – погрузчиков СП-3,2 и К-70 на базе трактора Кл. 10 Т-130Г (Т-170Г) и МП – 15 на базе трактора кл. 3 ДТ -75 В.

Собиратели погрузчики предназначены для сбора, сгребания по поверхности земли выкорчеванной и срезанной ДКР и пней в валы и кучи, а также для транспортировки ее в места ликвидации или складирования за пределами участка для последующей утилизации (табл. 2).

Таблица 2 -Техническая характеристика собирателей – погрузчиков

Показатели	Ед. изм.	СП-3,2	К-70	МП-15
Мощность	КВт	125	125	66
Техническая производительность при сгребании	га/ч	0,153	0,13	0,12
Высота разгрузки	м	3,2	3,0	2,6
Грузоподъемность	т	3	2	2
Количество сгребających зубьев	шт.	8	6	5
Количество верхних (зажимных зубьев)	шт.	3	2	2
Среднее давление на грунт	МПа	0,05	0,04	0,032
Масса навесного оборудования	кг	6690	3570	2670

Для планирования эффективности применения собирателей – погрузчиков в производстве при уборе ДКР, сравнения их теоретической производительности с фактической и оценки возможных резервов повышения последней нами выполнен анализ параметров, от которых зависит расчетная производительность, и предложены формулы для ее определения.

В результате анализа исследований нами предположена формула для определения производительности собирателей погрузчиков фронтального действия на гусеничных тракторах кл. 10 и 3.

Теоретическая производительность собирателя погрузчика по площади равна:

$$P_{\text{т.с.}} = \frac{3600}{T} B \cdot V \quad (1)$$

где:  $T$  – суммарный цикл производственных операций собирателя-погрузчика при сборе древесно-кустарниковой растительности, с;  
 $B$  – ширина захвата рабочего органа собирателя – погрузчика, м;  
 $V$  – скорость сбора ДКР, м/ч.

Суммарный цикл работы собирателя погрузчика при сборе ДКР по поверхности земли во временные валы и кучи равен:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \quad (2)$$

где:

- $t_1$  – время на установку машины в рабочее положение;
- $t_2$  – время на сбор выкорчеванной или срезанной растительности рабочим органом до полного объема, м<sup>3</sup>/ч;
- $t_3$  – время на перемещение ДКР в места временного накопления;
- $t_4$  – время на отряхивание ДКР в процессе перемещения;
- $t_5$  – время на выгрузку ДКР в местах складирования и накопления;
- $t_6$  – время на обратный холостой ход.

Фактическая производительность - по площади - отличается от расчетной теоретической, т.к. высота стволов кустарника и мелколесья в большинстве случаев больше, чем ширина захвата рабочего органа.

Таксационная характеристика кустарника и мелколесья в нечерноземной зоне России приведена в таблице 3 (Т.С. Борщов, И.А. Гинтовт, 1981г, Б.М. Кизяев, З.М. Маммаев, 2004г.).

Как видно из таблицы 3 высота стволов даже мелкого кустарника больше, чем ширина захвата собирателя погрузчика. Поэтому для более точного определения производительности по сбору ДКР необходимость в формулу (1) ввести коэффициент, учитывающий соотношение высоты длины стволов ДКР и ширины захвата рабочего органа (рис. 1):

$$K_e = \frac{H_k}{B}, \quad (3)$$

где:  $H_k$  – высота длина кустарника, м.

Анализируя данные таблицы 3, можно прийти к выводу, что численное значение коэффициента  $K_b$  при уборке кустарника мелколесья и очень мелкого леса может колебаться ориентировочно в пределах 1...3.5.

Таблица 3 - Таксационная характеристика кустарника и мелколесья в нечерноземной зоне России

Вид ДКР	Средний диаметр стволов, см	Средняя высота, м	Число стволов на 1 га, тыс. шт.		
			Редкий	Средний	Густой
Кустарник:					
мелкий	до 3	до 3	до 15000	15000-30000	Более 30000
средний	3...7	3...6	>8000	8000-16000	>16000
Мелколесье	8...11	5...9	>800	800-2250	>2250
Лес:					
Очень мелкий	12...15	7...11	>400	400...1400	>1400

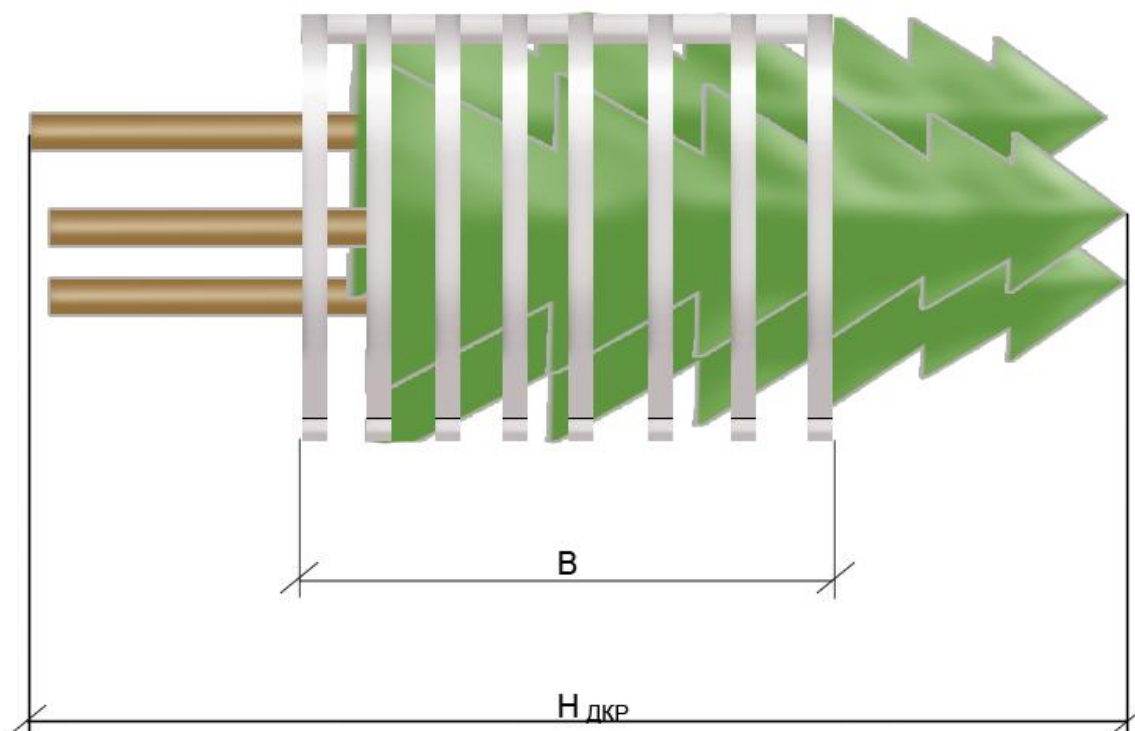


Рисунок 1 - Соотношение высоты, длины стволов ДКР и ширины захвата рабочего органа

С учетом указанного коэффициента производительность по площади равна:

$$P_{л.с.} = \frac{3600}{T} B \cdot V \cdot K_e, \quad (4)$$



где  $H_k$  – высота (длина) ДКР, м.

В тех случаях, когда возникает необходимость перемещать ДКР из временных куч и валов в места ликвидации или утилизации за пределы осваиваемого участка путем измельчения на хозяйственную, топливную или технологическую щепу, производительность собирателя – погрузчика определяется через объемы ДКР в плотных  $m^3$ .

Производительность собирателя – погрузчика при этом технологическом варианте

$$P_{л.с.} = \frac{3600}{T} Q, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

где  $Q$  – объем транспортируемый ДКР,  $m^3$ .

Объем  $Q$  определяется из выражения:  $Q=S \cdot B$ , где  $S$  – площадь поперечного сечения решетчатого ковша собирателя- погрузчика,  $m^2$ .

Площадь поперечного сечения определяется из нижеследующей схемы (рис. 2).

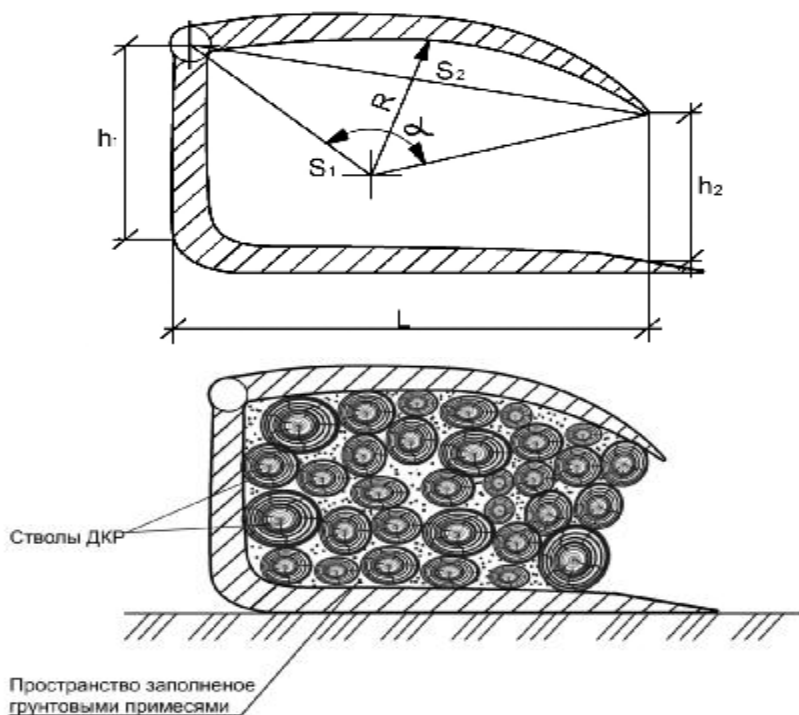


Рисунок 2 - Схемы для определения площади сечения решетчатого ковша

Согласно схемам на рисунке 2 площадь поперечного сечения решетчатого ковша:

$$S = S_1 + S_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} l + \frac{R^2}{2} \left( \frac{\pi a}{180^\circ} - \sin a \right), \quad (6)$$

Объем перемещаемой ДКР равен:

$$Q = \left[ \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot l + \frac{R^2}{2} \left( \frac{\pi a}{180^\circ} - \sin a \right) \right] B, \quad (7)$$

где:  $h_1$  и  $h_2$  – высоты задней и передней стенок решетчатого ковша;

$l$  – длина горизонтальных нижних зубьев;

$R$  – радиус кривизны верхних гидравлических зажимов;

$\alpha$  - угол, соответствующий дуге сегмента верхнего гидрозажима.

Производительность при перемещении ДКР в места ликвидации или утилизации по объему в пл. м<sup>3</sup> определяется по формуле (8):

$$\Pi = \frac{3600}{T} \left[ \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot l + \frac{R^2}{2} \left( \frac{\pi a}{180^\circ} - \sin a \right) l \right] B \cdot K_g K_z \cdot K_d \quad (8)$$

Для более точного учета объема перемещаемой ДКР в формулу должна быть введена поправка на коэффициент засоренности массы ДКР грунтовыми примесями, которые неизбежны при корчевке и сгребании ДКР.

Кроме того, должен быть учтен объем перемещаемого или перевозимого штабеля в плотном теле относительно сечения решетчатого ковша. Эти факторы учитываются коэффициентами  $K_g$  и  $K_d$ .

$$\text{Коэффициент } K_z = \frac{V_z}{V_{\text{общ.}}}; \text{ коэффициент } K_d = \frac{V_\phi}{V_{\text{ДКР}}};$$

где:  $K_g$  – коэффициент, учитывающий количество грунтовой примеси в общем объеме ДКР,  $K_d$  – коэффициент, учитывающий чистый объем ДКР.

Численные значения коэффициентов  $K_g$  колеблются в пределах 0,05...0,5, а  $K_d$  в пределах 0,8...0,5. Значения коэффициентов получены путем анализа литературных, опытных и практических данных, они пока носят ориентировочный характер и в дальнейшем будут уточнены.

Анализ показывает, что в наибольшей степени производительность, как по площади, так и в пл.м<sup>3</sup>. ДКР зависит от дальности перемещения или транспортирования ДКР. Производительность в этом случае описывается уравнением:

$$y = \frac{a}{x} - \text{положительная гиперболическая функция, при } a > 0).$$

Переводя это выражение в прикладную форму производительность собирателя – погрузчика при сгребании и транспортировке равна:

$$\Pi = \frac{K}{L}, \quad (9)$$

где:  $K$ - константа, характеризующая объем перемещаемой ДКР, зависящей от геометрических параметров рабочего органа для конкретного проекта и величины цикла (без операции перемещения),  $L$  – дальность перемещения или транспортирования ДКР.

Ниже на рисунке 3 приведена зависимость производительности (теоретической) и стоимости работ с помощью МП-15 собирателя – погрузчика при перемещении или транспортировке ДКР на значительные расстояния.

Анализ графической зависимости показывает, что максимально экономически и технологически целесообразная дальность перемещения или транспортировки ДКР находится в пределах 80 – 120 м.

Перемещать ДКР на значительные расстояния за пределы осваиваемого участка выгодно, поскольку это способствует быстрому просыханию почв участка и ускорению развертывания последующих мелиоративных, агро-мелиоративных и агротехнических работ.

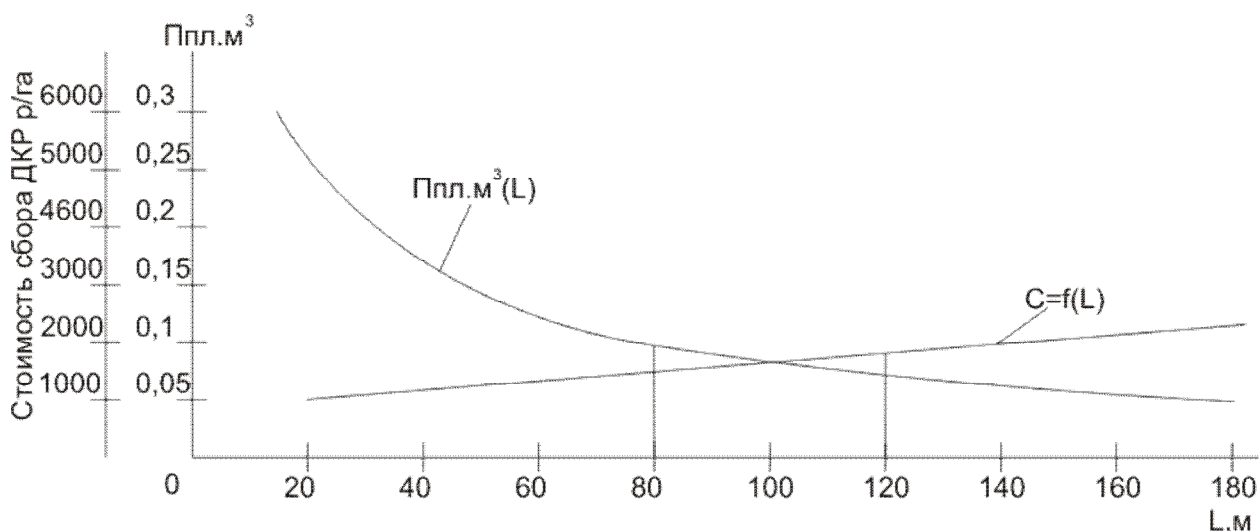


Рисунок 3 - Производительность (теоретическая) и стоимость работ собирателя–погрузчика МП-15 при перемещении или транспортировке ДКР на значительные расстояния

Однако стороны увеличение дальности перемещения или транспортировки ДКР (на более чем 100м) с другой стороны ведет к неоправданному повышению стоимости именно этих работ. На графике (рис. 3) эта зона явно просматривается.

На основании анализа существующих данных установлено, что на производительность собирателя – погрузчика сильно влияет влажность почвы (грунта). По данным СевНИИГиМ, ЛитНИИГиМ, ВНИИГиМ и других организаций установлено, что в наибольшем объеме почва вместе с корневой системой ДКР сгребается при влажности 23...25% и выше весовой влажности  $W\%$ .

Ниже на рисунке 4 приведена зависимость количества корчующей и сгребаемой корчевателями и корчевателями - собирателями почвы при ее различной влажности и гранулометрическом составе.

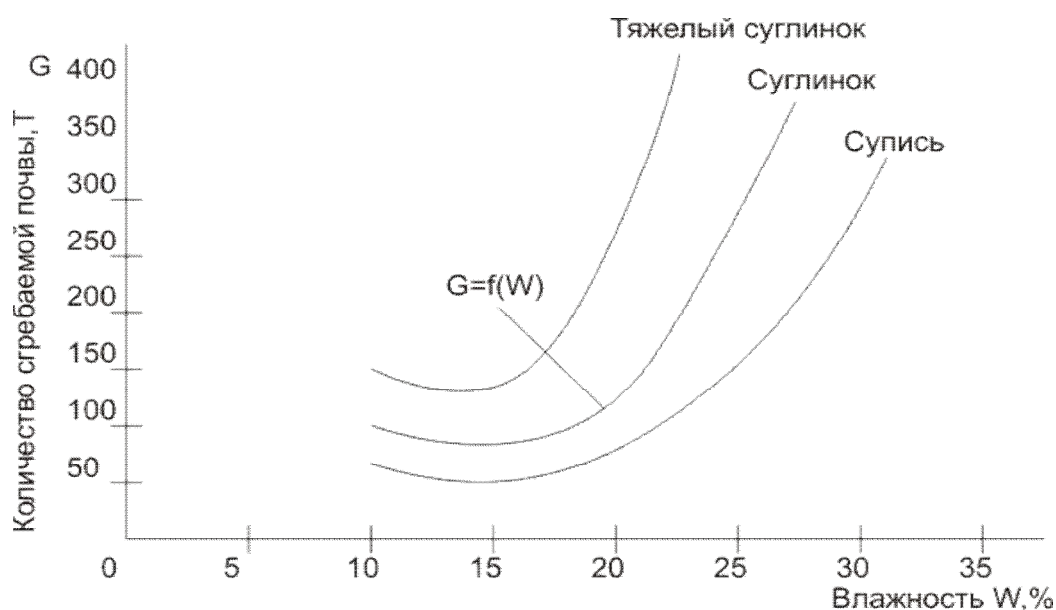


Рисунок 4 - Количество корчующей и сгребаемой корчевателями и корчевателями - собирателями почвы при ее различной влажности и гранулометрическом составе

Влажность почвы с точки зрения эффективности сбора ДКР с наименьшим выносом почвы находится в пределах 13...18%. Поэтому, если влажность в период корчевки высокая, рекомендуется сделать временную паузу между корчевкой и сбором ДКР для того чтобы почва на корнях подсохла. А затем в процессе сгребания потери почвы снижаются до 100...150 т/га. В процессе сбора ДКР собирателями – погрузчиками рекомендуется с помощью гидросистемы трактора перетряхивать массу, после чего масса теряемой почвы снижается до 20...30 т.

Полученные теоретические и экспериментальные данные позволяют считать технологию, основанную на применении собирателей – погрузчиков типа СП – 3,2, К – 70 и МП -15 для сбора и перемещения выкорчеванного кустарника и мелколесья весьма перспективной с точки зрения экономики и экологии, т.к. позволяет сохранить 90 – 95 % почвенного плодородия на месте.

УДК 627.8

## **ДЕКЛАРИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АККУМУЛИРУЮЩИХ ВОДОХРАНИЛИЩ – ОСНОВА ИХ БЕЗАВАРИЙНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**В.А. Нагорный, Г.И. Фомин**

ФГНУ ВолжНИИГиМ, Энгельс, Россия;

**Д. В. Чунос**

ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», Саратов, Россия;

**Т.Я. Ковалева**

Росприроднадзор по Саратовской области, Саратов, Россия

Для решения вопросов орошения земель, обводнения территорий, питьевого и технического водоснабжения населенных пунктов в мелиоративном комплексе Саратовской области используется более 40 водохранилищ III и IV класса с аккумулируемым объемом воды от 0,27 до 115 млн.м<sup>3</sup>. Выполняя огромную позитивную социально-экономическую роль, они, вместе с тем, относятся к потенциально опасным объектам, аварии на которых могут нанести значительный ущерб населенным пунктам, промышленным и сельскохозяйственным предприятиям, объектам транспорта и окружающей среде.

Так расчеты, проведенные по 25 аккумулирующим водохранилищам, показали, что при прорыве их напорного фронта значительный социально-экономический ущерб будет нанесен в 24 случаях. Он выразится в подтоплении и затоплении населенных пунктов и объектов соцкультбыта, автомобильных и железных дорог, линий электропередач, разрушении нижележащих плотин, затоплении пахотных земель и пастбищ, ухудшении водоснабжения поселков.

Поэтому обеспечение безопасности гидротехнических сооружений аккумулирующих водохранилищ является одной из важнейших задач эксплуатирующих организаций мелиоративного комплекса.

За последние 10 – 15 лет на водохозяйственных объектах России отмечается нарастание опасности возникновения аварийных ситуаций в связи с общим падением уровня надзора за их безопасностью, сокращением объемов и снижением качества ремонтных работ. Поэтому не случайно проблема безопасности гидротехнических сооружений возведена в ранг государственной. Об этом свидетельствуют принятый Федеральный закон № 117-ФЗ от 21.07.97 г. «О безопасности гидротехнических сооружений» и постановления Правительства РФ №1320 от 16.10.97 г. "Об организации государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений" и № 1303 от 06.11.98 г. «Об утверждении Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений».

В «Положении ...» указано, что «декларация безопасности является основным документом, обосновывающим безопасность гидротехнических сооружений, их соответствие критериям безопасности, проекту, действующим техническим нормам и правилам, а также определяющим характер и масштаб возможных аварийных ситуаций и меры по безопасной эксплуатации».

Основу декларирования безопасности ГТС аккумулирующих водохранилищ составляет решение нижеследующих задач:

- проведение объективной диагностики технического и функционального состояния гидротехнических сооружений на основе их преддекларационного обследования, геодезической съемки основных параметров, а также поверочных расчетов;

- интегральная оценка уровня безопасности сооружений и степени риска развития аварий на них и разработка, на этой основе, комплекса организационно-хозяйственных мероприятий по обеспечению надежности и безопасности ГТС и его практическая реализация.

За период 1999 – 2006 гг. в мелиоративном комплексе Саратовской области декларированию безопасности подвергнуты 30 аккумулирующих водохранилищ III и IV класса. Результаты декларирования позволили объективно оценить техническое и функциональное состояние, в котором находятся гидротехнические сооружения, а также уровень их безопасности и степень риска развития аварий.

По свидетельству ГНЦ РФ НИИ «Водгео» [1] аварии плотин в большинстве случаев происходят в период их строительства или в начальный период эксплуатации – в течение 5 – 7 лет после наполнения водохранилища. За это время полностью проявляются дефекты строительства, стабилизируется фильтрационный режим и деформации сооружения. Затем наступает длительный период (около 40 – 50 лет), в течение которого аварии маловероятны. После этого опасность аварий вновь увеличивается.

Возрастная оценка продекларированных аккумулирующих водохранилищ свидетельствует о том, что срок их эксплуатации находится в пределах 15 – 30

лет. То есть, в настоящее время они находятся в периоде, когда аварии на них по техническому состоянию маловероятны, несомненно, при условии своевременного проведения профилактических и текущих ремонтных работ.

Это подтвердилось результатами проведенной интегральной оценки уровня безопасности водохранилищ и степени риска развития аварийной ситуации [2]. Так, выявлено, что 90 гидроузлов в настоящее время имеют нормальный уровень безопасности, а степень риска развития аварийной ситуации на них расценивается как малая и только 10 % водохранилищ имеют пониженный уровень безопасности и умеренную степень риска аварии.

Следует отметить также, что за эксплуатационный период ни на одном аккумулярующем водохранилище предаварийных и аварийных ситуаций не возникало.

Однако проведенные обследования, результаты геодезических съемок и поверочных расчетов свидетельствуют о том, что техническое состояние гидротехнических сооружений практически всех аккумулярующих водохранилищ имеет тенденцию к ухудшению, что со временем может негативно сказаться на уровне их безопасности.

Так, отметки гребней плотин всех продекларированных водохранилищ ниже проектных, что требует проведения их подсыпки и планировки. Это связано с возрастным уплотнением грунта тела плотин, а также с уплотнением его транспортными средствами, так как практически все плотины проезжие. Кроме того, изменились требования СНиП по назначению отметки гребня плотин.

Происходит существенное разрушение волнобоем верховых откосов плотин на реках Ольшанка, Гусевка, Медведица, в бассейне реки М. Караман из-за отсутствия крепления, что требует проведения укрепительных работ.

Нуждаются в капитальном ремонте водосбросные сооружения, оборудованные щитовыми и, особенно, сегментными затворами. В основном в неудовлетворительном состоянии находятся ледозащитные сооружения. Не все проезжие плотины имеют сигнальные столбики, что значительно снижает безопасность движения транспорта по ним.

Эксплуатирующие организации далеко не в полной мере укомплектованы необходимыми нормативно-техническими документами, регламентирующими условия безопасной эксплуатации ГТС: отсутствуют паспорта сооружений, инструкции по эксплуатации; имеет место нерегулярность ведения визуальных наблюдений за техническим состоянием гидротехнических сооружений и уровнем режимом водохранилищ; не ведется мониторинг технического состояния ГТС, что в значительной степени повышает риск возникновения аварийных ситуаций.

Правила эксплуатации водохранилищ, разработанные еще в 1976 – 1986 гг., которыми руководствуются эксплуатирующие организации, на сего-

дняшний день нуждаются в коренной переработке с учетом действующих нормативно-правовых документов в области обеспечения безопасности ГТС.

Следует подчеркнуть, что по каждому водохранилищу на основании результатов декларирования были разработаны планы организационно-хозяйственных мероприятий по повышению надежности и безопасности сооружений. Их практическое выполнение является обязательным для эксплуатирующих организаций и находится под жестким контролем Росприроднадзора по Саратовской области.

В настоящее время, как в России, так и в Саратовской области происходит значительное уменьшение количества земель регулярного и лиманного орошения и, в связи с этим, утрачивание аккумулялирующими водохранилищами своего функционального назначения. Особенно это характерно для Правобережья области, где орошаемых земель сегодня практически нет, а аккумулялирующие водохранилища используются для рыборазведения или не используются вовсе. При постоянном ухудшении материально-технической базы эксплуатирующих организаций внимание к таким водохранилищам значительно ослабевает, что существенно снижает уровень их безопасности. Поэтому вопрос о дальнейшем использовании аккумулялирующих водохранилищ, утративших к настоящему времени свое изначальное функциональное назначение требует своего скорейшего решения и, прежде всего, с точки зрения обеспечения их безопасности путем перепрофилирования, консервации или ликвидации.

#### **Литература**

1. Оценка риска аварий гидротехнических сооружений / ГНЦ РФ НИИ «Водгео» // Новшества межотраслевой информации, предлагаемые к применению в мелиоративном комплексе: Сборник. М., 2003. Вып. 2. С. 18-23.
2. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов / ФГУП НИИ «Водгео». М., 2002. С. 5-44.

УДК 631.61

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЛЯХ**

**О.Ф. Першина**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В настоящее время на сельскохозяйственных угодьях наблюдается заметное увеличение площади переувлажненных, заболоченных земель. По данным Россельхозакадемии 21,0 млн. га. сельскохозяйственных угодий являются переувлажненными. Некоторая часть земель переувлажнена из-за образования бес-

сточных понижений, которые занимают площадь от 0,2 до нескольких гектаров. Такие земли быстро зарастают грубостебельчатой и кустарниковой растительностью и, как правило, используются только для выпаса скота. Таким негативным процессам в основном подвержены земли с почвами тяжелого механического состава. В нечерноземной зоне Европейской части они наиболее распространены в Северном, Северо-Западном и Уральском экономических районах, а также в Калининградской области. Тяжелые почвы обладают низкой интенсивностью впитывания влаги, набухают при переувлажнении. С учетом этих особенностей при мелиорации тяжелых почв необходимо предусматривать проведение комплекса агро-мелиоративных мероприятий, направленных на усиление поверхностного стока и увеличение влагоемкости почвы.

Наиболее простые мероприятия, ускоряющие отвод избыточных вод с поверхности: узкозагонная вспашка, грядование, гребневание.

Узкозагонная вспашка применяется на полях с выраженным общим уклоном. Разъемные борозды между загонами являются элементами осушения. Рекомендуемая ширина загонов при уклоне поверхности меньше 0,002 - 12-15 м, а при больших уклонах 15-20 м. Узкозагонную вспашку рекомендуется применять в основном под зерновые культуры.

Гребневание - нарезка гребней высотой 25-30 см на расстоянии 70 см друг от друга применяется на полях с очень малым уклоном поверхности, идущих под пропашные культуры и овощи. Для проведения гребневания используют четырехкорпусные плуги, у которых сняты первый и третий корпуса или культиватор гребнеобразователь фрезерный КГФ-2,8.

Гребнеобразователь КГФ 2,8 агрегируется с трактором класса 1,4. Ширина захвата 2,8 м, производительность 1,56-2,1 га/ч.

Под овощные культуры, кормовые корнеплоды наиболее целесообразно проводить грядование. Гряды нарезаются на расстоянии 1,4 м друг от друга высотой до 35 см. Грядковую вспашку проводят грядоделателем УГН-4К после обработки почвы. Грядоделатель УГН-4К агрегируется с трактором класса 3, производительность 2,35-3,4 га/ч.

На полях с неровным рельефом, имеющих замкнутые (бессточные) понижения, необходимо проводить выборочное бороздование. Бороздование проводят после вспашки. Выборочные борозды глубиной 25-30 см нарезают бороздорезом БОН-5,4, который агрегируется с трактором класса 2-3.

При проведении грядования, гребневания и узкозагонной вспашки на осушаемой площади необходимо устройство сети открытых отводящих борозд. Мероприятия по отводу поверхностного стока широко применяются в районах с обильными осадками в Приморском и Хабаровском краях. Эти мероприятия способствуют сбросу поверхностных вод и ускоряют освобождение пахотного слоя от избыточных вод, что положительно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур.



Наблюдения за режимом влажности почвы на участках с нарезкой гребней и на ровных участках показали, что в гребне даже при выпадении обильных дождей влагозапасы не превышали оптимальные значения, в то время как на участках с ровной поверхностью отмечено переувлажнение пахотного слоя. В относительно сухие периоды запас влаги на гребнях незначительно отличался от влагозапасов пахотного слоя на ровной поверхности. Такое явление связано с высокой водоудерживающей способностью гребней [1].

На землях с почвами тяжелого механического состава для получения стабильных высоких урожаев не достаточно проводить только мероприятия, направленные на усиление поверхностного стока.

В период сельскохозяйственного использования мелиорируемых земель с почвами тяжелого механического состава для поддержания благоприятного водно-воздушного и теплового режимов в корнеобитаемом слое необходимо проводить комплекс агро-мелиоративных мероприятий, направленных на увеличение влагоемкости почвы. Такими мероприятиями являются кротование, глубокое рыхление, а также углубление пахотного слоя.

На избыточно увлажненных почвах кротование проводится в сочетании с закрытым дренажем или открытой осушительной сетью. Кротование заключается в нарезке частой сети кротовин под прямым или близким к нему углом к осушительным дренам, чтобы избытки воды через кротовины поступали в дренажи и отводились за пределы осушаемой площади. Этот угол должен быть не менее  $60^{\circ}$ . Прокладывать кротовины можно с откосов каналов. Глубина прокладки кротовых дрен должна быть 40-60 см, во избежание разрушения кротовин от прохода над ними трактора, а также, чтобы не повредить материальный дренаж. Расстояние между кротовинами рекомендуется 1,0-2,0 м.

Такая сеть кротовин способствует ускорению отвода избыточных вод по пахотному слою и способствует аккумуляции влаги в этом слое. Кротование почв может осуществляться как самостоятельная операция, так и со вспашкой плугами, снабженными специальными кротовыми приспособлениями.

Для нарезки кротовин совместно со вспашкой используют кротователь КРОТ-9Б, имеющий вертикальный нож длиной 25 см, на нижнем конце которого приварен цилиндрический дренир диаметром 7 см. Этот кротователь, укрепленный на втором корпусе плуга ПН-4-35 или П-5-35, при вспашке разрезает подпахотный слой и образует кротовину на глубине 15-17 см ниже плужной подошвы [5].

Кротование подпахотного слоя отдельно от вспашки проводят кротователями, которые навешиваются на трактор. Кротователь К-0,7 агрегируется с трактором класса 3, оборудованным автосцепкой. Количество стоек – 1; глубина нарезки кротовин – 0,7 м; диаметр кротовины 100 мм; производительность 3,2-5,3 км/ч.

Кротодренажная машина Д-657 агрегируется с трактором ДТ-75Б, комплектуется сменными рабочими органами для работы на торфяных грунтах (до 1,2 м) и отдельно для минеральных (0,7 м). Производительность до 1,5 км/ч.

Глубокое рыхление выполняют в процессе основной обработки поля: на глинистых почвах через 3-4 года, на тяжело и средне суглинистых через 2-3 года, при влажности почвы в пахотном слое не выше 80% наименьшей влагоемкости. Рыхление проводят поперек дрен или под углом к ним; на склонах, подверженных эрозии, рыхление осуществляется под острым углом к горизонталям местности или вдоль них (поперек уклона). При использовании осушаемых земель под культурные пастбища или сенокосы рыхление выполняют только перед залужением. Допустимая глубина рыхления должна быть на 20-30 см меньше минимальной глубины закладки дрен.

Глубокое рыхление выполняется рыхлителями различной конструкции, которые по принципу воздействия на грунт разделяются на пассивного и активного действия.

Рыхлители пассивного действия, как правило, имеют рабочие органы клыкового или зубового типа с лемехами, установленными на концах стоек. Лемех действует на грунт по типу двухгранного клина, приподнимая и разрушая пласт. Пассивные рыхлители в зависимости от тягового класса базовой машины имеют одну, две или три стойки. Основными технологическими параметрами рыхлителей являются глубина рыхления. Она колеблется от 0,5 до 1,2 м. К стоечным рыхлителям относятся рыхлители РК-1,2; РУ-65.2,5; РС-0,6 и РС-0,8, конструкции ВНИИГиМ. Наиболее эффективным с точки зрения затрат энергии и качества рыхления является трехстоечный рыхлитель РС-0,8. Рыхлитель состоит из навесной на стандартную гидравлическую систему рамы и трех криволинейного очертания стоек, на которых фронтально закреплены долотообразные лемеха. Долотообразные лемеха внутри целика создают напряжения, достаточные для отрыва призмы грунта; происходит подъем призмы и частичное рыхление грунта под действием остаточных напряжений. Грунт движется вниз под действием силы тяжести; за счет излома призмы и прохода стоек осуществляется его окончательное рыхление. Параболические стойки благодаря значительному удалению от лемеха назад продвигаются уже в разрыхленном грунте, что обеспечивает снижение тягового сопротивления и повышение качества рыхления грунта за счет создания предельных напряжений в нем, предотвращающих образование зоны уплотнения, исключая взаимное давление призм грунта, скалываемых соседними рыхлящими лемехами. Рыхлитель агрегируется с тракторами класса 5-10 с номинальным тяговым усилием 50 и 100 кН. В качестве сменного оборудования к рыхлителю РС-0,8 применяется кротоформирующее устройство диаметром 80 мм (рис.1).



Рисунок 1 - Рыхлитель РС-0,8

Рыхлитель РС- 0,6 имеет двухстоечную компоновку, а геометрические параметры аналогичны рыхлителю РС-0,8. Он имеет меньшую глубину рыхления и предназначен для разрушения вторично уплотненной прослойки на глубине 0,25-0,5 м.

На базе трактора класса тяги 3 (МТЗ-82) ВНИИГиМ разработано универсальное орудие щелерез-рыхлитель-кротователь ЩРК-0,6. Навесное оборудование состоит из рамы, щелереза, ножа, формователя кротовин, рыхлительного лемеха. Щелерез-рыхлитель-кротователь ЩРК-0,6 обеспечивает прокладку щелей, кротовых дрен и рыхление почвы на глубину 0,6 м с рабочей скоростью до 4,5 км/ч.

Эффективность рыхления зависит от условий выполнения работ (влажность почвы, сроки выполнения), направления рыхления. Технология глубокого рыхления почв включает подготовительные работы и проведение рыхления.

Подготовительные работы включают очистку мелиоративного объекта от поверхностных камней диаметром более 10 см, пней и других предметов, засыпку ям, старых канав, выравнивание поверхности. На сильно задерненных землях дернина должна быть разделана дисковой бороной БДТ-3,0; БДТ-7,0; БДТ-10 в 2-3 следа. На вновь осваиваемых землях и сильно уплотненных почвах должна быть выполнена работа по разделке верхнего пласта путем дискования мелиоративной бороной в один-два следа.

Работы по рыхлению можно выполнять при соответствующем состоянии почвогрунтов: отсутствие верховодки, влажности пахотного горизонта в пределах 12-21%, подпахотный горизонт по всему профилю рыхления должен иметь влажность 18-24% от веса сухой почвы или 23-35% от объема при рыхлении суглинистых и глинистых почвогрунтов.

Рыхление можно выполнять в течение всего безморозного периода при условии, что влажность почвы будет в необходимых пределах.

Выполнение глубокого рыхления при влажности почвы ниже оптимальной приводит к разрушению структуры пахотного слоя, образованию глыб большого размера, ухудшению качества рыхления и к резкому увеличению тяговых усилий.

При влажности почвы выше оптимальной ухудшается сцепление ходовой части трактора с поверхностью, пахотный слой уплотняется, уменьшается коэффициент полноты рыхления.

Основными параметрами глубокого рыхления являются: глубина, расстояние между полосами рыхления, коэффициент рыхления почвы и полнота рыхления.

Оптимальная глубина глубокого мелиоративного рыхления находится в пределах 0,5-0,8 м от естественной поверхности. При рыхлении необходимо разрушить плотный иллювиальный горизонт, благодаря чему повышается аэрированность и меняется характер окислительно-восстановительных процессов. На дренированных землях максимально допустимая глубина рыхления должна быть на 0,2-0,3 м меньше глубины закладки дрен.

Проведение глубокого рыхления с целью рационального использования техники должно быть при правильном выборе направления рыхления, длины и ширины загонов.

Направление рыхления и направление дрен должны пересекаться под углом близким к  $90^{\circ}$  и обязательно необходимо избегать их параллельности.

При уклоне поверхности до 0,005 рыхление выполняют под прямым или близким к прямому углом по отношению к горизонталям, а при уклоне поверхности более 0,005 – под острым углом, для предотвращения размыва поверхности по следам рыхления (рис. 2).

В зависимости от гидрогеологических, почвенных и рельефных условий применяют сплошное или полосовое рыхление почв. Сплошное рыхление проводят на участках с уклоном поверхности до 0,03, полосовое – на участках с уклоном более 0,03. При полосовом рыхлении расстояние между отдельными полосами принимают: 2-2,5 м – на глинистых почвах; 3-4 м – на тяжелых суглинках; 4-5 м – для легких суглинков. Сплошное рыхление участка выполняют по челночной, загонной или загонной с перекрытием схемам движения агрегата в зависимости от размера участка и его конфигурации (рис. 3).

Челночная схема движения агрегата применяется на узких участках и на участках неправильной формы, где трудно разбить загоны. Все рабочие проходы рыхлителя выполняют рядом с предыдущим, с петлевыми поворотами в конце гона.

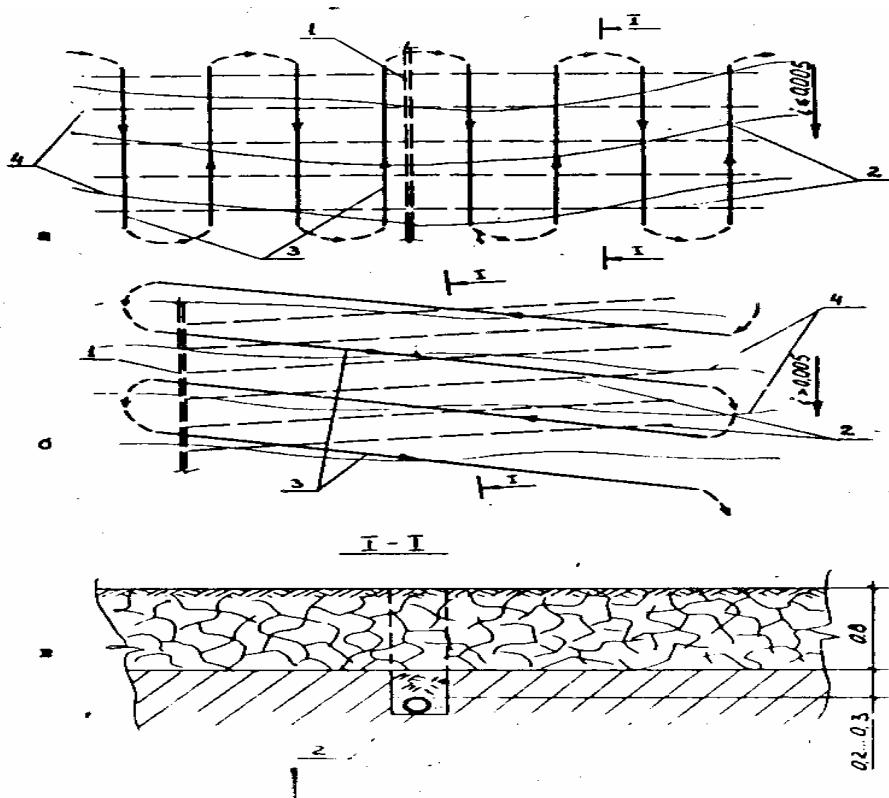


Рисунок 2 - Направление рыхления:

- а- при уклоне поверхности до 0,005; б- при уклоне поверхности более 0,005  
 1- коллектор; 2- закрытый горизонтальный дренаж; 3- направление рыхления;  
 4 - горизонталы

Загонная схема движения с перекрытием применяется при невозможности разворота за границей участка. При этом все повороты рыхлителя беспетлевые. Работа щелереза-рыхлителя-кротователя ЦРК-0,6 осуществляется по загонной схеме с поворотами в конце гона.

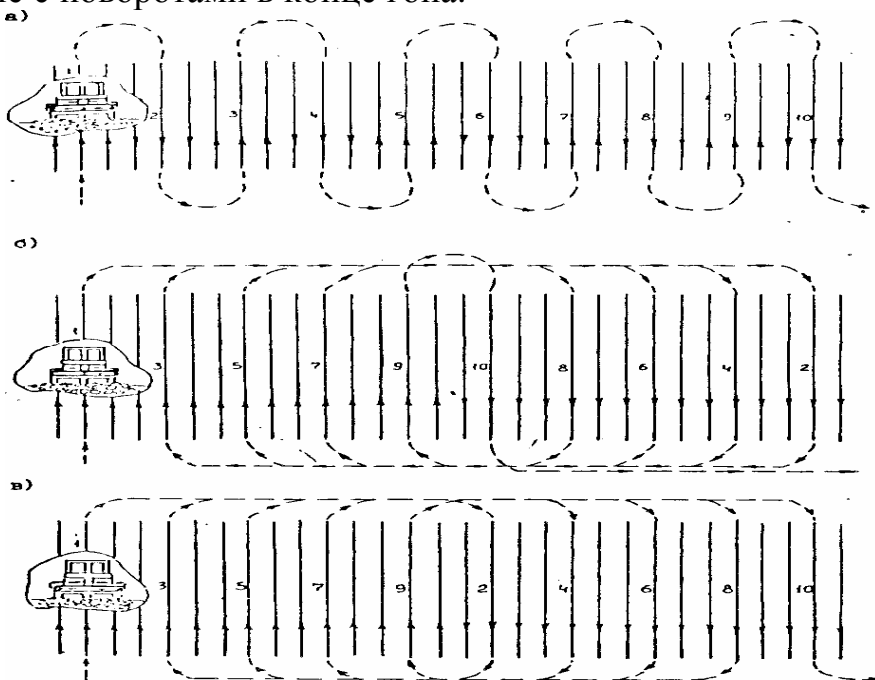


Рисунок 3 - Схема движения рыхлителя:

- а) челночная; б) загонная; в) загонная с перекрытием

Исследования рыхлителя РС-0,8 показали, что при средней плотности грунта 1,52-1,68 г/см<sup>3</sup> коэффициент полноты рыхления составил 0,7, коэффициент разрыхления - 1,25. Фракции размером свыше 200 мм составили 15%, фракции от 10 до 200 мм – 20%, фракции от 50 до 100 мм – 20%, а фракции менее 50 мм – 45%.

Щелерез-рыхлитель-кротователь ЩРК-0,6 обеспечивает прокладку щелей, кротовых дрен полосовое рыхление тяжелых суглинков (С=8-10) на глубину до 0,6 м с рабочими скоростями трактора до 4,5 км/ч. Результаты испытаний показали, что коэффициент разрыхления  $K_r = 1,11-1,13$ . Зона разрыхления распространяется на поверхности участка от 60 до 76 см. Коэффициент полноты рыхления составил 0,62-0,63. Почва разрыхлялась в основном на фракции 100-50 мм и менее 50 мм, которые составили 89% от общей массы. Фракции от 100 до 200 мм в количестве 11% от общей массы располагались в основном в верхнем горизонте.

После рыхления проводится первичная обработка почвы дисковой мелиоративной бороной БДТ-2,5М или БМН-2,5 в один след с разделкой пласта в 2-3 следа дисковой сельскохозяйственной бороной БДТ-3,0, БДТ-7,0, БДТ-10. Исследования, проведенные ВНИИГиМ, ЛатНИИГиМ, ЛитНИИГиМ, СевНИИГиМ в 60-80гг. показали, что водоотдача подпахотного слоя почвы при ее глубоком рыхлении на 48%, а при кротовании на 30% больше, чем на контрольном поле без агромелиорации.

Кротование способствует увеличению дренажного стока примерно в 1,5-2 раза по сравнению с контрольным участком систематического дренажа, что сокращает продолжительность затопления верхнего полуметрового слоя почвы в среднем в 2,2 раза (с 46 суток до 21 суток в год) [2]. Под влиянием кротования и глубокого рыхления увеличивается порозность, аэрация и водоотдача тяжелых почв. Рыхление на глубину 50-60 см способствует перераспределению влаги по профилю почвы, что улучшает водно-физические свойства, увеличивает водопроницаемость и воздухообмен, расширяет диапазон распределения активной влаги. Все это способствует развитию мощной корневой системы растений и увеличивает урожай сельскохозяйственных культур на 20-40% [4].

При кротовании минеральных почв активность микробиологических процессов усиливается более чем на 50%. Все это способствует развитию мощной корневой системы растений и увеличивает урожай сельскохозяйственных культур на 20-40% [4].

Учеными СевНИИГиМ отмечается, что кротование обеспечивает возрастание на 11% содержания усвояемых растениями фосфора, калия и на 20% нитратов в почве[3].

По данным наблюдений в Курской области кротование увеличивает весенние запасы влаги в почве в среднем на 300 м<sup>3</sup>/га, повышает урожай кукурузы на 20%, картофеля на 25-30%, зерновых культур на 15-26%.

В совхозе «Дмитровский» Московской области ВНИИГиМ был заложен опытный участок площадью 8 га. Грунты - тяжелые суглинки. Коэффициент фильтрации менялся от 0,006 до 0,19 м/сутки. Наибольшая фильтрация наблюдалась в слоях 60-100 см. Участок характеризуется равнинным рельефом со средними уклонами 0,0005. На участке заложено 18 пластмассовых дрен диаметром 63 мм. Длина дрен 200 м, расстояние между дренами 10 м и 20 м. Фильтрующая засыпка – песок. Для обеспечения ускоренного отвода поверхностных вод после обильных осадков на части площади проведено кротование и рыхление почвы на глубину 0,6 м. Уровень грунтовых вод после паводка опускался до глубины заложения кротовин через 4-7 дней, а на не кротованных участках вода до такого уровня опускалась только через 20-25 дней. В связи с этим температура почвы в это время на кротованном участке была выше на 0,5-1,6 градуса. Участок использовался для выращивания столовой свеклы. Предшественник – многолетние травы. На кротованном участке был получен урожай столовой свеклы 403 ц/га. На участке без кротовых дрен урожай столовой свеклы составил 325 ц/га, что на 24% ниже, чем на участке с кротовыми дренами и рыхлением.

Изменения водного и питательного режимов почв при проведении агромероприятий благоприятно сказывается на их плодородии. На тяжелых почвах они повышают урожай в среднем на 20-40%.

Положительное влияние кротования наблюдается на протяжении 2-3 лет.

Глубокое рыхление выполняют в процессе основной обработки поля: на глинистых почвах через 3-4 года, на тяжело и среднесуглинистых почвах через 2-3 года.

Эти мероприятия должны стать составной частью комплекса полевых работ, проводимых на мелиорируемых землях.

### **Литература**

1. Жержебир А.М. Эффективность агромероприятий на осушаемых землях. Ж. Мелиорация и водное хозяйство, № 5, 1988
2. Соколовская Л.Н. Исследования эффективности действия комбинированного дренажа в тяжелых грунтах Латвийской ССР. Труды ЛатНИИГиМ, Елгава, 1962.
3. Лазарев Н.М., Снигирев А.В., Васильев М.В. Влияние кротования на режим влажности почвы, деятельность почвенной микрофлоры и урожай с/х культур. Труды СевНИИГиМа., вып XX, Ленинград, 1963
4. Семенов Н.А. Мелиорация земель в Нечерноземной зоне РСФСР. Ж. Гидротехника и мелиорация, № 6, 1989.
5. Кизяев Б.М., Маммаев З.М. Культуртехнические мелиорации: технологии и машины. М., 2003.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СКРЫТЫХ КАМНЕЙ ИЗ ПОЧВЫ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН

**В.С. Пунинский**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В зоне избыточного увлажнения процесс вывоза камней требует дополнительных затрат, по отделению налипшей на камни почвы. Производственный опыт показывает, что технологии, организация камнеуборочных работ не соответствуют современным требованиям мелиоративного производства. Увеличение тяговых сопротивлений и возникающие динамические нагрузки снижают производительность агрегатов на 10...39 %. Анализ современного состояния энерговооруженности сельскохозяйственных организаций показывает что, наиболее перспективны камнеуборочные комплексы на базе колесных тракторов с тяговым усилием 14, 20 и 50кН (МТЗ-82В, МТЗ-102, ЛТЗ-155, Т-151К). Применение камнеуборочных комплексов на базе колесных тракторов следует предусматривать при адресном удалении скрытых крупных и средних камней и минимальном перемещении мелких камней.

Совершенствование технологий уборки камней достигается формированием комплексов машин с подбором их характеристик, позволяющих сократить потери рабочего времени. Сопоставление затрат труда на основе анализа способов уборки камней позволяют определить пути повышения их эксплуатационной производительности, которая обуславливает энергоёмкость процесса.

Общая энергоёмкость процесса уборки камней может быть определена по формуле:

$$E_{\text{общ}} = (N_{\text{отр}} + N_{\text{изв}} + N_{\text{тран}}) \cdot W^{-1}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{отр}}$  - мощность, затрачиваемая на стадии внедрения рабочего органа машины в очищаемый слой с отрывом почвы с камнями;  $N_{\text{изв}}$  - мощность, затрачиваемая на стадии извлечения камней с сепарацией от почвы;  $N_{\text{тран}}$  - мощность, затрачиваемая на стадии перемещения камней с выгрузкой,  $W$  - производительность машины.

Общая мощность, затрачиваемая на технологический процесс уборки камней:

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{отр}} + N_{\text{изв}} + N_{\text{тран}} \quad (2)$$

Мощность без затрат на перемещение камней с выгрузкой может быть определена по формуле:

$$N_k = n_k \cdot B \cdot h \cdot V_{\text{км}}, \quad (3)$$

где  $N_k$  – мощность, которая в энергетическом балансе машины приходится на внедрение в почву рабочего органа, извлечение камней и сепарации почвы



от камней,  $N_k = N_{отр} + N_{изв}$ ; при  $N_{тран} = 0$ ;  $n_k$  - удельная энергоёмкость разработки почвы;  $B$  - ширина захвата рабочего органа, толщина зуба одностоечного извлекателя;  $h$  - глубина выборки камней;  $V_{км}$  - линейная скорость камнеуборочной машины.

$$n_k = f(\sigma_p, K_{сп}, h, W_1), \quad (4)$$

где  $\sigma_p$  - удельное сопротивление почвы резанию;  $K_{сп}$  - коэффициент сепарации почвы от камней;  $W_1$  - влажность почвы.

Определение сопротивления грунта, при перемещении трактором рабочего органа на заданной глубине в горизонтальной плоскости, производим в варианте представленным на рисунке 1.

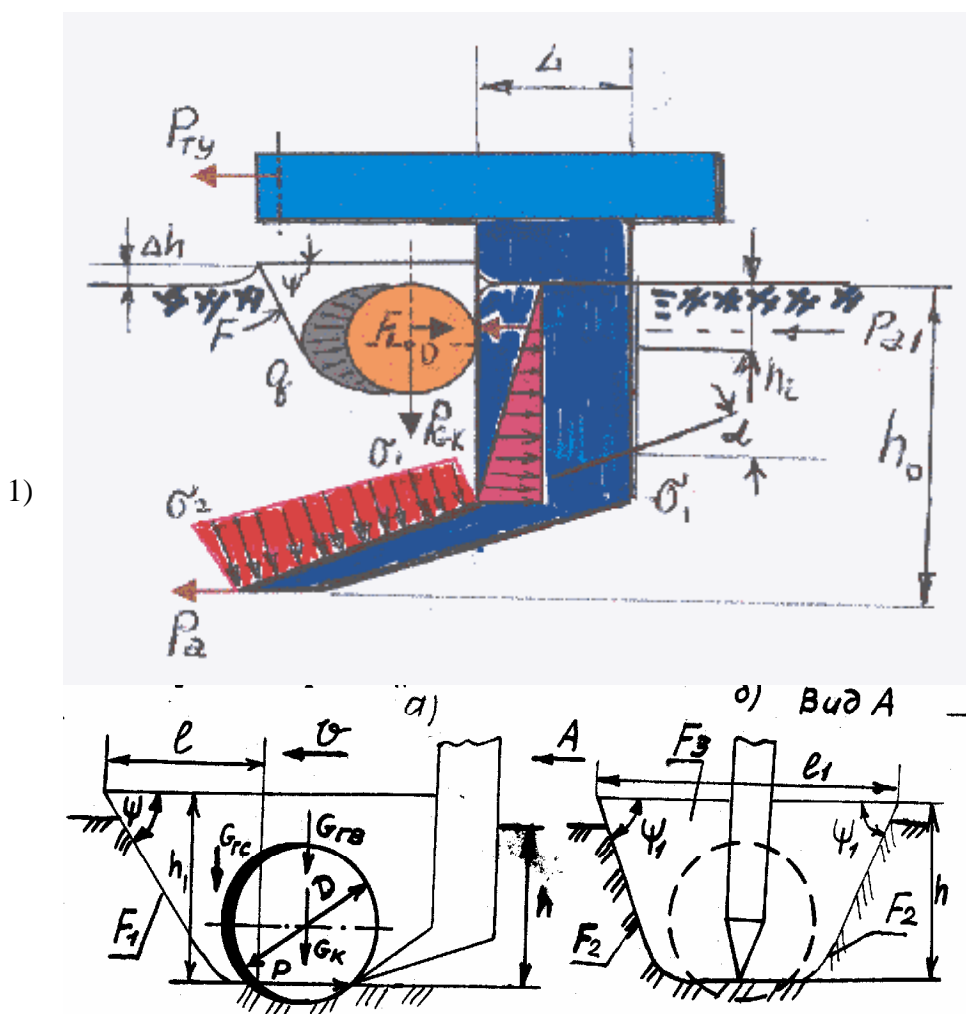


Рисунок 1 - Расчетная схема процесса взаимодействия рабочего органа камнеуборочной машины с почвой, содержащей камни:

1) - вариант перемещения а) - вид сбоку, б) - вид спереди

Горизонтальная составляющая сопротивления удалению камней ( $P$ ) определяется по формуле:

$$P = P_{\tau} + P_f, \quad (5)$$

где:  $P_{\tau}$ — сопротивление от сдвига тела скола почвы;  $P_f$  - сопротивление выкапывания камня на поверхность;

$$P_{\tau} = \tau \cdot F_1 \cdot \cos\psi + \tau \cdot F_2, \quad (6)$$

где:  $\tau$ — напряжение сдвигу почвы;  $F_1$ — площадка сдвига тела скола в плоскости, изображенной на рис. а);  $F_2$ — площадка сдвига тела скола в плоскости, изображенной на рис. б);  $\psi$  - угол сдвига тела скола.

$$F_1 = F_3 \cdot (\sin\psi)^{-1}, \quad (7)$$

где:  $F_3$ — вертикальная проекция площади сдвига почвы, наклоненной под углом —  $\psi$  к горизонту.

$$F_3 = (D + h \cdot \operatorname{ctg}\psi_1) \cdot h, \quad (8)$$

где:  $h$  - глубина внедрения ножа;  $D$  - средний диаметр камня (валуна);  $\psi_1$  - угол сдвига тела скола сбоку (рис. 1б).

Произведем подстановки в (6) выражений (7 и 8) и  $\tau$ , определяемого по закону Кулона:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tgr} + C_0, \quad (9)$$

где  $\sigma$  - напряжение вертикального сжатия почвы;

$\operatorname{tgr}$  - коэффициент внутреннего трения почвы по почве;

$C_0$  - сцепление почвы.

$$\sigma = G_{\text{пс}} \cdot F^{-1} = G_{\text{пс}} \cdot (F_1 + F_2)^{-1}, \quad (10)$$

где  $G_{\text{пс}}$  - сила тяжести почвы  $m \cdot g$ , давящей сверху на площадку сдвига,  $m$  – масса почвы,  $m = V \cdot \gamma$ ,  $V$  и  $\gamma$  - объём и удельная масса,  $V = L_1 \cdot L/2$ ,  $L_1$  и  $L$  – ширина выталкиваемого объёма,  $g$  – ускорение свободного падения,  $9,81 \text{ м/с}^2$

Получим:

$$P_{\tau} = \{ g(L_1 \cdot L \cdot \gamma \cdot \sin\psi_1 \cdot \operatorname{tgr})/2 \cdot [(D + h \cdot \operatorname{ctg}\psi_1) + h \cdot (\cos\psi / \sin\psi_1)] + C_0 \} \cdot [(D + h \cdot \operatorname{ctg}\psi_1) \cdot h \cdot (\sin\psi)^{-1}] \cdot \cos\psi + \{ g(L_1 \cdot L \cdot \gamma \cdot \sin\psi_1 \cdot \operatorname{tgr})/2 \cdot [(D + h \cdot \operatorname{ctg}\psi_1) + h \cdot (\cos\psi / \sin\psi_1)] + C_0 \} \cdot h^2 \cdot \operatorname{ctg}\psi \cdot (\sin\psi_1)^{-1}; \quad (11)$$

$$P_f = (G_k + G_{\text{пк}}) \cdot \cos\psi \cdot f_k = g \cdot (4R \cdot \gamma_k + 3h \cdot \gamma_{\text{п}} - 3R \cdot \gamma_{\text{п}}) \cdot \cos\psi \cdot f_k, \quad (12)$$

где  $G_k$  – сила тяжести камня (валуна).  $G_k = m \cdot g$ ,  $m$  – масса камня;  $G_{\text{пк}}$  - сила тяжести почвы над камнем;  $R$  - равнодействующая сопротивления отрыва почвы с камнем,

$R = P_k / \cos\alpha$ ;  $\alpha$ - угол внедрения рабочего органа в почву;  $f_k$  – коэффициент сопротивления трения камня с почвой.

$$P_k = g \cdot [(D + h \cdot \operatorname{ctg}\psi_1) \cdot h \cdot (\sin\psi)^{-1} + h^2 \cdot \operatorname{ctg}\psi \cdot \sin\psi_1] \cdot \sigma_p + g \{ \pi D^3 \cdot \delta^{-1} \cdot \gamma_k [1 + (K \cdot 3 \cdot \gamma_{\text{п}} / 2 \gamma_k) \cdot (h/D - 0,5) + 3 C_0 / (D \cdot \gamma_k)] \}, \quad (13)$$

где  $P_k$  – вертикальная составляющая сопротивления отрыва почвы с камнем;  $\gamma_{\text{п}}$ ,  $\gamma_k$  – удельная масса почвы и камня;  $C_0$  - сцепление камня с почвой,  $0,4 \dots 0,15$ ;  $K$  – коэффициент, уплотнения отрываемой почвы камнем,  $3 \dots 3,5$ .

Установленная аналитическая зависимость действующих сил от угла вне-

дрения и направления отрыва почвы с камнями рабочим органом камнеуборочной машины позволяет определить основные составляющие энергоёмкости процесса уборки скрытых камней и рационально выбрать базовый трактор для камнеуборочных органов.

### **Литература**

1. Пунинский В.С., Хомяков А. Г. и др. Выкапывающий рабочий орган камнеуборочной машины. Авторское свидетельство на изобретение СССР №1246910, бюл. 28 от 30.07.1986 г.

2. Кравцов Э. А. Разработка статической модели грунтов с каменистыми включениями. В кн.: Повышение эффективности и качества работы дорожно-строительных машин. МАДИ. Вып.143.-М.,1978, с 60...63.

3. Чеченков М.С. Повышение эффективности использования землеройных работ при разработке моренных грунтов в стеснённых условиях строительных площадок на Кольском полуострове. Автореферат кандидатской диссертации. –М.: МИСИ, 1975, 27 с.

4. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. – М: Машиностроение, 1975, 424 с.

УДК 631.612: 631.311.75: 534.222.1

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ЭХОЛОКАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ СКРЫТЫХ КАМНЕЙ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ**

**В.С. Пунинский**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Опыт мелиорации засоренных камнями земель показал, что для повышения плодородия почв требуется поиск новых технологических процессов механизации камнеуборочных работ. Сложной и неразрешенной до конца является проблема укладки дренажа в каменистых грунтах и очистки почвы от средних и мелких камней.

Указанные работы приходится вести в почвогрунтах, содержащих камни и валуны различных размеров при неравномерном распределении их по глубине и площади мелиорируемых земель.

Если бы была возможность предварительно оценить объём камней на гектаре, их ориентировочные размеры и другие характеристики, можно было бы более эффективно, целенаправленно, адресно вести работы по извлечению скрытых и полускрытых камней с более высокой производительностью и более высокой полнотой очистки земель. Это позволит также снизить потери почвенного слоя при выполнении мелиоративных мероприятий с извлечением и сгребанием камней.

В связи с этим решение проблем, направленных на совершенствование технологий и камнеуборочных машин с предварительной диагностикой параметров скрытых камней, обеспечивающих рациональное использование средств

механизации и повышение качества очистки земель от камней, представляется весьма актуальным.

Для решения этих вопросов приведено исследование влияния характеристик камней на распространение, отражение и рассеяние зондирующего сейсмического импульса в поверхностном слое почвы. Геофизическое исследование разнообразных физических явлений на поверхности земли позволяет делать выводы о структурных особенностях и механическом составе почв, наличии камней и глыб, линз щербы и глины. Сейсмическая разведка является одним из важнейших видов геофизической разведки и включает методы изучения распространения в грунте искусственно возбужденных упругих волн. Вызванные взрывом или ударом упругие волны распространяются во все стороны от источника возбуждения и проникают на большую глубину. Здесь они претерпевают преломление и отражение и частично возвращаются к поверхности земли, где создаваемые ими колебания регистрируются специальной аппаратурой.

Сейсморазведка включает два основных метода: метод отраженных волн (МОВ) и метод преломленных волн (МПВ). Метод отраженных волн основан на изучении упругих волн, отразившихся от границы раздела двух геологических пластов. Он имеет много общего с широко известным способом измерения расстояний до цели в радиолокации, где специальный источник излучает короткий электромагнитный импульс, после чего определяется время возвращения к источнику волны, отразившейся от препятствия. Поскольку скорость распространения электромагнитной волны в воздухе заранее известна, то расстояние до отражателя определяют как половину произведения скорости на время пробега волны от момента ее возбуждения до возвращения к приёмнику.

В сейсморазведке процесс протекает сложнее, так как скорость распространения упругих волн в геологических средах в зависимости от их состава изменяется в широких пределах и часто заранее не известна. Тем не менее, измерив время пробега отраженной волны от одного источника к нескольким точкам наблюдений, можно вычислить скорость распространения волны в среде и определить положение границы, на которой произошло отражение. С целью непрерывного изучения формы отражающей границы колебания регистрируются во многих точках. В методе преломленных волн ведут наблюдения на больших расстояниях от источника возбуждения по сравнению с глубиной залегания исследуемых границ. В этом случае сейсмические волны значительную часть своего пути проходят в направлении, близком к направлению напластования в слое, скорость в котором превышает скорости в соседних пластах. Наблюдение преломленных волн во многих случаях дает возможность судить о литологическом составе пород, слагающих слой.

Проверка теоретических выводов в практических условиях была проведена при экспериментальных исследованиях обнаружения и диагностирования характеристик скрытых камней при их уборке экскаватором-дренукладчиком

ЭТЦ-2011 и прибором Сонар-валуномер.

Опытная траншея длиной 100 м исследовалась последовательной перестановкой возбуждателя-сейсмоприёмника с переменным шагом по схеме (рис.1).

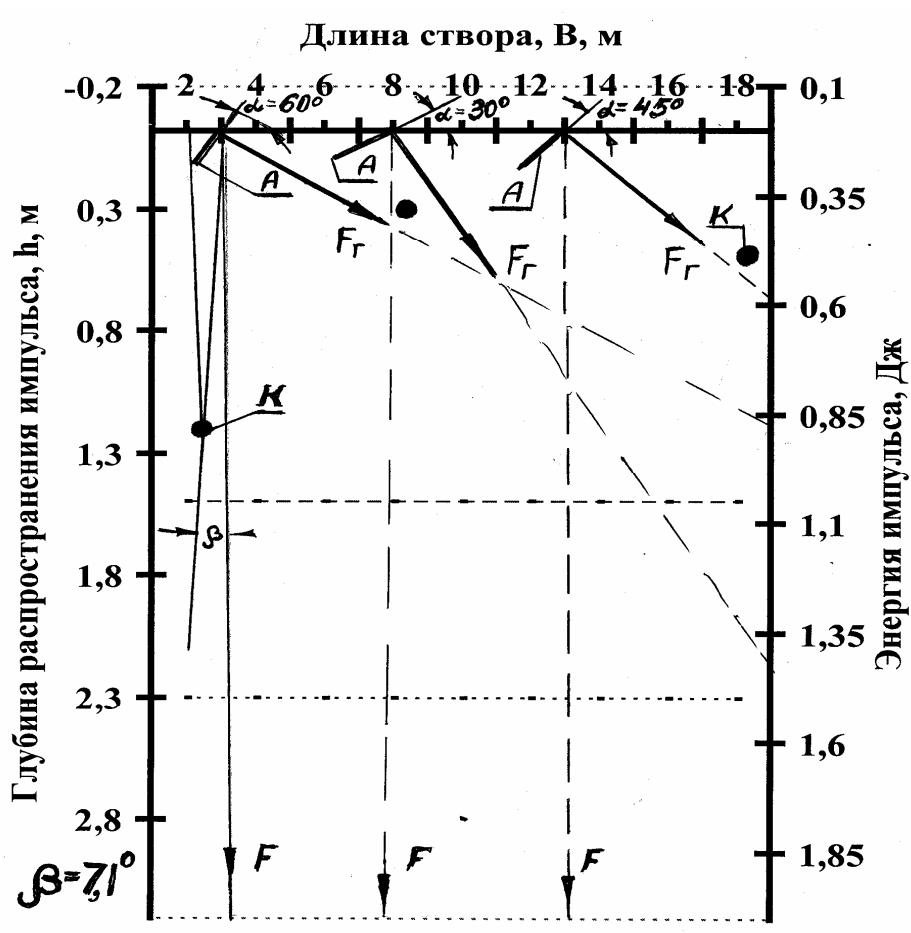


Рисунок 1 - Схема расстановки возбуждателя и приёмника:

А- опорная площадка, F – вектор сейсмоимпульса, В – расстояние между створами м, К – камень,  $\alpha$  - угол наклона опорной площадки от горизонтали,  $\beta$  - угол наклона вектора сейсмоимпульса от вертикали

При проходе по трассе опытной траншеи определялись размеры и глубины расположения скрытых камней по сигналу на экране электронно-лучевого осциллографа устройства "Сонар-валуномер" с получением исходных данных для уточнения погрешности измерений. Отрывалась траншея с извлечением камней из отсыпаемого отвала для определения объёма всех камней методом их погружения в воду и замера объёма воды, вытесненной в мерный сосуд.

Отклонение объёма камней определенного устройством "Сонар-валуномер" от объёма полученного вытеснением воды в мерный сосуд составило 4,55 %, что меньше чем при определении каменности штабельным методом с высчитыванием объёма пустот в штабеле. Коэффициент скважности в штабеле для мелких камней составляет, по данным ВО "Союзсельхозтехника", 0,3...0,36 и ошибка более 6%, для средних камней (Данные Кидельма К.Т.) соответственно 0,5...0,6 и 10%.

Зависимость величины наклона опорной площадки возбудителя сейсмических импульсов ( $\alpha$ ) от глубины залегания камня ( $h$ ) и плотности почвы ( $C$ ) по числу ударов динамического плотномера представлена на рисунке 2. На следующем этапе в траншею закапывались камни с известным объемом для уточнения качества диагностики расположения камней по глубине.

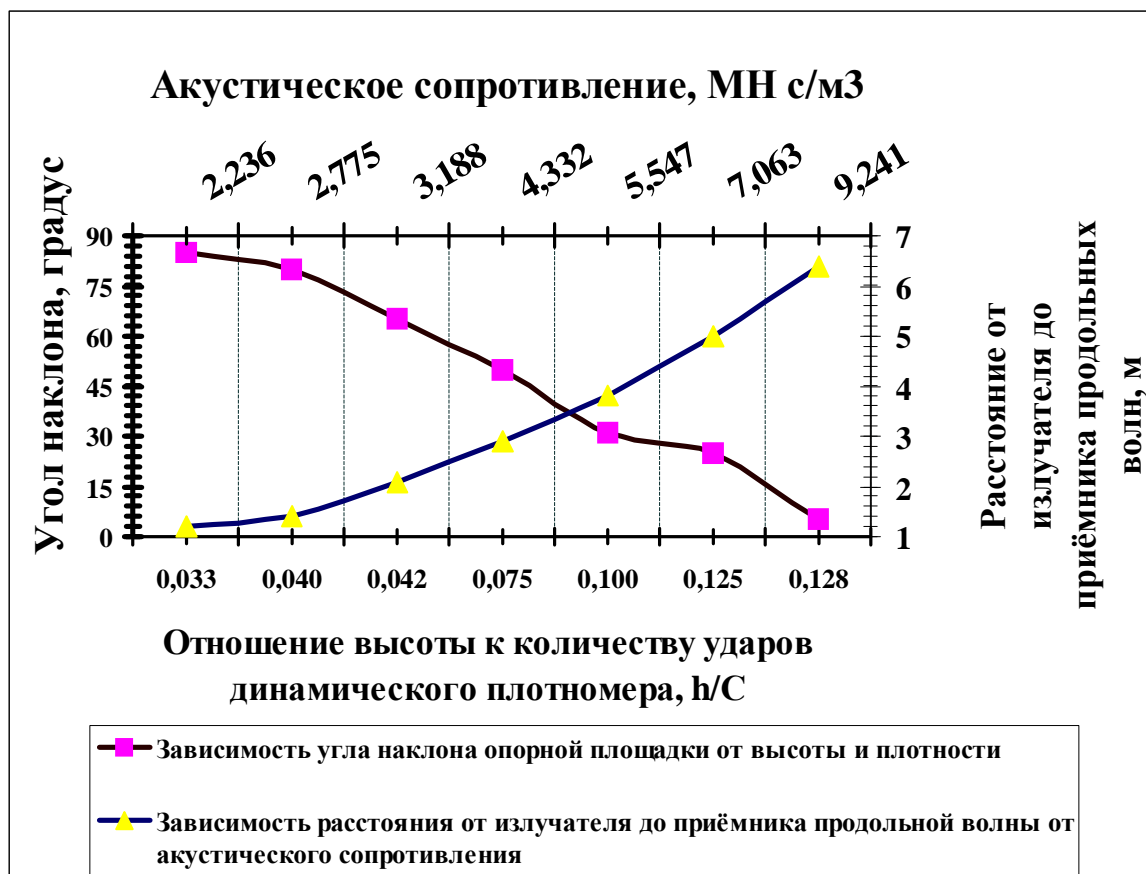


Рисунок 2 - Характеристика распространения и отражения продольной сейсмической волны

Проводилось:

- изучение формы распространения импульса от возбудителя прибора «Сонар—валуномер», с целью определения применимости его горизонтальной составляющей для определения глубины скрытого камня;
- установление зависимости определяемой глубины залегания скрытого камня от величины наклона опорной площадки возбудителя сейсмических импульсов и плотности почвы.

Зависимость угла наклона опорной площадки излучателя сейсмической волны от высоты слоя и плотности почвы аппроксимируется уравнением:

$$Y = 0,25x^3 - 3,4524x^2 + 0,1548x + 89,143, \text{ при } R^2 = 0,99,$$

где  $Y$  – угол наклона опорной площадки, градус;  $x$  – отношение высоты слоя и количества ударов плотномера,  $h/C$ .

Экспериментальный цикл измерений включал в себя последовательные манипуляции с частотными фильтрами усилительно-преобразовательного трак-

та установки и наблюдением на экране осциллографа изменяющейся при этом волновой картины импульсов, принятых сейсмоприемником. Поисковым признаком служил присутствующий на экране осциллографа импульс или группа импульсов, изменяющие при частотном обеднении принятого спектра сигналов свою форму и амплитуду. Номер ячейки фильтра, при включении которого произошло уменьшение на 0,5 амплитуды найденного импульса, примерно соответствовало крупности обнаруженного валуна.

В результате исследования влияния характеристик грунтов (до глубины 2 м) с часто встречающимися скоплениями мелких и средних камней на распространение, отражение и рассеяние зондирующего сейсмического импульса установлено:

- угол от вертикали отчетливого считывания полезного импульса  $\beta$  равен  $7,1^\circ$ ;

- расстояние между створами сплошной диагностики при шаге в створе 1 м допускается до 5 м, глубина залегания камня может определяться по формуле: глубина расчетная  $h_p = h_c \cdot \cos \beta$  при наклоне опорной площадки от поверхности почвы с углом  $\alpha = 0$ , где  $h_c$  – глубина по сонару в м,  $h_c = 0,5v \cdot t$ , ( $v$  - скорость продольной волны, м/с,  $t$  – ширина импульса возбуждения по прибору, с.; глубина расчетная

$$h_p = h_c \sin(90 - \alpha) \text{ при } \alpha > 0.$$

Установлено, что четкий полезный импульс от неоднородностей появляется на экране обычно в радиусе 1...1,5 м от места дислокации камня. Максимальной чувствительностью установка обладает, когда линия расположения излучатель - сейсмоприемник ориентирована на камень. Таким образом, при необходимости обнаружения и локализации валуна нужно выполнить множество наблюдений вблизи зафиксированного импульса, последовательно приближаясь к центру окружности, при этом точки наблюдения должны находиться при различных азимутах оси расположения сейсмоприемника относительно излучателя.

На каждой точке замера импульсов осуществлялось до 22 переключений преобразователя, со считыванием и сопоставлением с каждым из них показаний.

Так как основные требования к уборке камней предусматривают их вывоз за пределы очищаемого поля, засыпание ям после извлечения камней, наличие неровностей на поверхности почвы не более  $\pm 5$  см на участке длиной 4 м. после завершения работ, разлет осколков взорванных глыб до 50 м.

Безраскопный метод определения засоренности почв камнями с диагностированием их характеристик позволяет получить исходные данные расчета степени наличия камней в грунте. Также определить их ориентировочные размеры, объём, количество на 1 га, что дает возможность использовать полученную

информацию в последующем для извлечения и уборки скрытых камней более целенаправленными и эффективными методами.

### **Литература**

1. Пунинский В.С., Соколов Ю.А., Зенков В.П. Технология строительства дренажа в почвогрунтах, засоренных камнями. В сб.: тр. ВНИИГиМ т. 77. Под редакцией Кизяева Б.М. Перспективные способы и комплексы машин для строительства и эксплуатации мелиоративных систем. - М.: ВНИИГиМ, 1990, с. 68... 70.

2. Пунинский В.С. Определение глубины выборки скрытых камней из почвы при мелиорации земель гумидной зоны. Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем. Материалы научно-практической конференции. - М.: МГУП, 2006 с.257...262.

3. Романчук А.А., Сене Г.К., Венкис А.Е. Электромагнитный . возбудитель колебаний устройства сейсмической разведки. Авт. свид. СССР, №1130811, Бюллетень изобретений, 1984, № 47, с. 130.

4. Сергеенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002. 608 с.

УДК: 626.823

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАБОТЫ ПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ГМС**

**С.А. Сидорова**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Согласно общим требованиям, предъявляемым к водопропускным сооружениям гидротехнического комплекса ГМС (гидромелиоративных систем), все водопропускные сооружения должны обеспечивать бесперебойную работу гидромелиоративных систем. Однако, с учетом технических решений сооружений, привязанных к данной гидромелиоративной системе и в каждом конкретном случае имеющих некоторые особенности, требуется их совершенствование. Учитывая этот фактор, необходимо обратить внимание на следующие сооружения и их узлы: водозабор; водосброс; подводящие и отводящие каналы; затворы гидротехнических сооружений.

При работе водозабора, основное, на что следует обратить внимание – это поддержание необходимого уровня воды затворами и донные отложения перед водозабором, а также скопления мусора и шуги в весенний период работы.

При работе водосброса следует уделить внимание функционированию (беспрепятственный подъем и опускание), надлежащей конструкции и материалу изготовления затворов, степени очистки воды после пропуска через мелиоративную сеть (коллекторы, дренажи).

В подводящих каналах важную роль играет уровень осветления подаваемой воды (коэффициент осветления, отвечающий нормам и стандартам как ос-



новной показатель) в оросительную систему. При этом важно обеспечить предохранение от попадания в них влекомых наносов, плавающих тел, шуги, льда и т.п. Устройство противофильтрационной защиты на каналах оросительной системы также играет немаловажную роль. Фильтрация через облицовку подводящих и отводящих каналов влияет на уровень грунтовых вод, повышая его и нарушая баланс уровней воды в русле и соответствующего уровня грунтовых вод в долине. Кроме того, известно, что на крупных ирригационных системах потери на фильтрацию составляют примерно 50%, то есть бесполезно теряется около половины забираемой из источника орошения воды.

Затворы гидротехнических сооружений на мелиоративной сети главный инструмент, посредством которого обеспечивается бесперебойная подача воды в оросительную систему. Затворы гидротехнических сооружений должны обладать маневренностью для поддержания нужного уровня воды в данный момент времени. Кроме того, они должны работать по схеме маневрирования затворами, специально разработанной для каждого конкретного случая в каждом конкретном сооружении. Следует уделять внимание также облицовке затворов, которая особенно страдает в период весеннего паводка.

Таким образом, намечаются следующие моменты, на которые нужно обратить внимание с целью усовершенствовать работу водопропускных сооружений гидротехнического комплекса ГМС:

1. Защита водозабора от отложения наносов (профилактические мероприятия такие как, например, попуски из водохранилища через плотину, плановые промывки; устройство промывных галерей при проектировании и строительстве с учетом особенностей конструкции водозабора).

2. Очистка от мусора входа в водозабор (мероприятия по очистке мусора механическим способом, устройство очистных сооружений простейших конструкций).

3. Очистка и предотвращение попадания в водозабор шуги и льда. Обеспечение надежной работы гидротехнических сооружений во время ледохода (устройство защитных сооружений от шуги и льда наиболее рациональных конструкций; учет ледовых ударных воздействий на сооружение, приборы и аппаратуру внутри сооружения в расчетах и при проектировании конструкций сооружений).

4. Обеспечение надежности работы водосброса (практически обоснованный выбор: конструкции затворов; подъемных механизмов и закладных частей затворов; способа подъема - механический или автоматический; материала изготовления затворов).

5. Очистка сбросной воды из коллекторно-дренажной системы (устройство очистных сооружений, позволяющих обеспечивать нормативно допустимую степень загрязнения русла реки ниже по течению).

Могут быть рассмотрены следующие предложения:

1. Для того чтобы обеспечить бесперебойную и надежную работу гидротехнического комплекса ГМС, необходимо рассматривать всю систему гидротехнических сооружений как единое целое, состоящую из определенных связанных между собой фрагментов. Начиная от водного источника и заканчивая сбросом отработанной воды. Причем, работа каждого последующего фрагмента (сооружения) зависит от усовершенствования работы каждого предыдущего. Другими словами комплекс гидротехнических сооружений должен представлять собой совершенное целое, каждая часть которого стремится к цели всеобщего. Именно тогда целое является совершенным, вечно живым организмом.

2. В голове распределительного узла, в случае необходимости, могут быть устроены дополнительные конструкции для защиты от мелкого мусора. Используются современные методы и способы осветления подаваемой в гидромелиоративную систему воды (изначально, в оросительных каналах расчетные скорости не должны превышать допустимые по размывам скорости для грунта или одежды канала и не должны быть ниже предельно допустимых по заилению и зарастанию каналов). Кроме того, исходя из нашей концепции целостности работы всех гидротехнических сооружений, необходимо поддерживать необходимый допустимый уровень осветления воды уже в водохранилище, контролируя наносный режим в нем. Далее в водозаборе, распределительном узле и так дальше.

3. Для того чтобы добиться снижения уровня фильтрации в каналах и обеспечить надежную и долговременную их работу, необходимо в период изысканий получить полную картину о подстилающих грунтах, в которых будут проходить каналы. Это, о геологическом строении грунтов, положения горизонта грунтовых вод и водонепроницаемого слоя, величины смоченного периода, расхода в канале и тому подобное. В зависимости от строения грунтовой толщи, учитывающей геотехнический разрез и режим фильтрации, по трассе каналов, целесообразно выбирать наиболее соответствующую одежду каналов и состав гидроизоляционных мастик для швов (если одежда из плит). Как способ совершенствования работы каналов и снижения потерь на фильтрацию можно разбить трассу каналов на участки с устройством наиболее рациональной облицовки для каждого из них.

Например, на каналах, проходящих в водонеустойчивых грунтах (лессовых, суглинистых) целесообразно использовать, как вариант, двухслойную одежду из бетона со сплошной гидроизоляцией из битумной мастики между слоями.

Очевидно, что вопрос совершенствования работы гидротехнического комплекса ГМС вплотную связан с условиями эксплуатации гидротехнических сооружений и профилактическими мероприятиями по обеспечению их нормальной работы. То есть, первым шагом к осуществлению этого направления является следующее:

1. Соблюдение правил и норм эксплуатации гидротехнических сооружений.

2. Контроль над состоянием сооружений.

Для совершенствования работы самой мелиоративной сети необходимо выполнение следующих условий:

- нормированное распределение воды на оросительную сеть согласно плану водопользования, разработанному и составленному с учетом возможно влияющих факторов и форс-мажорных обстоятельств;

- подача требуемых расходов воды в систему не только согласно графикам водоподдачи, но и с учетом метеопрогнозов (дождь, засуха);

- стабилизация уровней воды в каналах, бассейнах, чеках (на рисовых оросительных системах);

- проведение нормированного распределения воды на оросительной сети согласно плану водопользования;

- создание оптимальной схемы работы сети, с целью сокращения сбрасываемых излишков воды.

Точность работы мелиоративной системы, то есть нормированное распределение воды на оросительной сети согласно плану водопользования, своевременный отвод воды на осушительной и сбросной сети, а также подача воды для увлажнения на осушительно-увлажнительных системах достигается только при наличии совершенных сетевых гидротехнических сооружений. Гидротехническими сооружениями, предназначенными для выполнения этих условий, являются регуляторы на мелиоративной сети. Поскольку регулирующие сооружения должны работать в режимах постоянного расхода, постоянного уровня воды верхнего или нижнего бьефа, ставится задача автоматизации процесса поддержания уровней воды и водораспределения. То есть, необходима разработка и применение схем автоматического регулирования уровней воды и отбора воды по верхнему бьефу, по нижнему бьефу, смешанного типа, на перепадах и в закрытых водоводах (трубопроводах).

В сооружениях плотинных водозаборных узлов (рис.1) в связи с непрерывным изменением расходов и уровней воды в водоисточнике (1) необходимо непрерывное маневрирование затворами водосбросной плотины (2) для поддержания НПУ и затворами водозаборного шлюза регулятора (3) для обеспечения постоянства забираемого расхода. В качестве конкретного решения одного из вопросов совершенствования работы водозаборных узлов предлагается следующее. Способ регулирования расходов плотинных водозаборов, по которому получено авторское свидетельство (SU 1233113 А 1). Суть способа состоит в отказе от поддержания фиксированной отметки НПУ и введении допустимого диапазона колебаний уровня в верхнем бьефе гидроузла. Верхний допустимый уровень диапазона (ВДУ) совпадает с форсированным уровнем

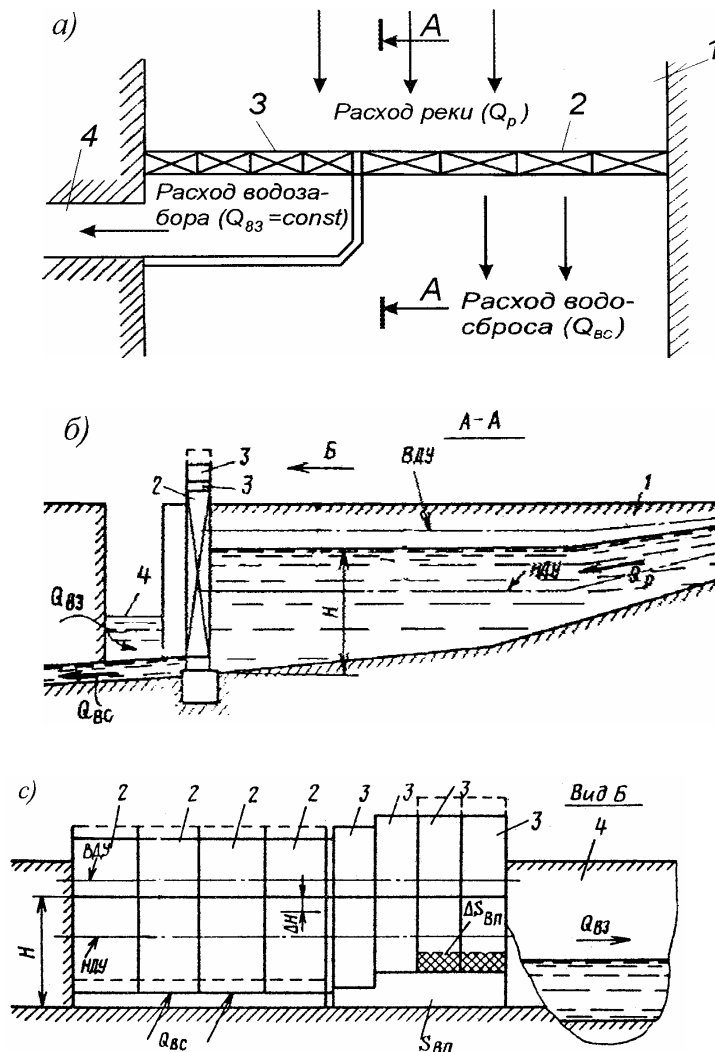


Рисунок 1 - Способ регулирования расходов плотинных водозаборов:  
 1 – водоисточник; 2 – затворы водосброса; 3 – затворы водозабора;  
 4 – отводящий канал

верхнего бьефа, определенным проектом для данного гидроузла. Нижний допустимый уровень диапазона (НДУ) определяется условиями, при которых еще возможен забор воды в соответствии с графиком водопотребления. При колебаниях уровня верхнего бьефа в допустимом диапазоне массивные затворы водосбросной плотины остаются неподвижными, а регулирование расхода водозаборного шлюза (в соответствии с графиком водопотребления) достигается маневрированием только его затворами. Затворы водосбросной плотины включаются в работу только при выходе уровня верхнего бьефа из допустимого диапазона. Положение, в котором эти затворы могут быть неподвижными как можно дольше, определяется прогнозными гидрологическими и гидравлическими расчетами водоисточника.

Анализ особенностей работы гидротехнического комплекса сооружений для гидромелиоративных систем дает возможность создать общую картину положения вещей. Основные положения, которыми необходимо руководствоваться

ся для совершенствования работы гидротехнического комплекса ГМС, заложены в четырех основных направлениях. Это:

1. Эксплуатация существующих гидротехнических сооружений гидромелиоративных систем и сетей согласно нормам и правил.

2. Мониторинг действующих гидротехнических сооружений ГМС и гидромелиоративных сетей.

3. Использование и внедрение конструктивных предложений по усовершенствованию конструкций, способов и технологий эксплуатации комплекса гидромелиоративных систем и сетей, методов подхода к решению задачи совершенствования при проектировании и реконструкции.

4. Применение новейшего отечественного и зарубежного опыта при проектировании гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса.

Следуя этим направлениям можно прийти к созданию совершенных водохозяйственных комплексов в России с наименьшими затратами и потерями при проектировании, строительстве и эксплуатации.

#### **Литература**

1. Гидротехнические сооружения. Под ред. Гришина М.М. М., «Высшая школа», 1979.

2. Сборник докладов Всесоюзного совещания по водозаборным сооружениям и русловым процессам. Ташкент, 1974.

3. Справочник по гидротехнике. Гос. Изд-во литературы по строительству и архитектуре. М., 1955.

УДК 556.536, 631.6

## **ОБРАТНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ КАК ИСТОЧНИК НЕДОСТАЮЩЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**М.В. Трошина, А. Л. Бубер**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

При исследованиях водных объектов и решении вопросов проектирования и управления водными ресурсами в последние годы широко применяются компьютерное гидродинамическое моделирование речных систем.

Программный комплекс - MIKE11, позволяет осуществлять такое моделирование в одномерной постановке [1,2]. Комплекс непосредственно решает прямую задачу, под которой в данной работе понимается определение гидравлического режима (уровни, расходы) в пространстве и времени на основе известных данных: топологии речной сети, морфологического строения (поперечных сечений) и шероховатости русла, заданных граничных (гидрографы приточности) и начальных условиях по расходам и уровням воды.

В данной работе рассматривается на примере Нижней Кубани использование MIKE11 для решения задачи безопасного пропуска высоких вод. Это задача управления, в некотором смысле являющейся обратной задачей и заключающаяся в подборе внутренних граничных условий (попусков из водохранилищ),

удовлетворяющих условиям уровенного режима, не угрожающего дамбам обвалования.

Под *обратной задачей* в данной работе понимается определение или уточнение гидравлических характеристик водотока на основе разработанной адекватной физическим процессам компьютерной модели речной сети, неполному набору исходных данных, необходимых для решения прямой задачи, и заданным требованиям потребителей и пользователей.

В данной работе в качестве метода моделирования была выбрана система MIKE 11 Датского Гидравлического института. В основу данного программного продукта положены уравнения Сен-Венана [1,2]:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad \text{уравнение неразрывности;}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{\partial (aQ^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad \text{уравнение количества движения (динамическое движение);}$$

где  $Q$  - расход потока,  $q$  - боковой приток (отток),  $h$  - глубина потока,  $A$  - площадь сечения потока,  $R$  - гидравлический радиус,  $C$  - коэффициент Шези,  $a$  - коэффициент Буссинеска,  $g$  - ускорение силы тяжести,  $x$  - длина (свободная координата),  $t$  - время (свободная координата).

Разработанная в среде MIKE 11 гидродинамическая компьютерная модель рек представляет набор взаимосвязанных баз данных с исходной информацией по плановому расположению речной сети, поперечникам, гидротехническим сооружениям на гидроузлах, гидрографам заборов и сбросов воды, граничными и начальными условиями. Специальная обрабатывающая программа (HD-модуль) позволяет при помощи численного решения уравнений Сен-Венана определить в динамике по всему руслу расходы, уровни и другие необходимые параметры [3].

Первым шагом при создании модели в среде MIKE 11 явилась оцифровка планового положения речной сети на карте-подложке. В процессе оцифровки были установлены точные значения расстояний между соседними пикетами.

На втором этапе моделирования в среде для каждого расчетного пикета вводились в табличной форме координаты поперечного сечения, которые конвертировались в базу данных MIKE 11. При этом выполнялся расчет всех гидравлических характеристик поперечников для принятых уровенных режимов (площадь сечения, ширина поверху, гидравлический радиус, гидравлическая расходная характеристика).

На третьем этапе моделирования вводились граничные условия, определяющие объем заборов и сбросов в речную сеть.

На четвертом этапе моделирования вводились начальные условия и базовые коэффициенты шероховатости, которые в дальнейшем уточнялись при калибровке. Начальные условия задавались в виде расходов и уровней в на-

чальный момент времени для выполняемых расчетов, и осуществлялась их привязка к створам.

На пятом этапе модель калибровалась по имеющимся кривым  $Q/h$  в соответствующих водопостах для различных расходов.

На основе разработанной модели нижнего течения реки Кубань и ее дельтового рукава Протока на участке от Краснодарского водохранилища до Азовского моря и решения ряда обратных задач была создана стратегия управления гидроузлами [4].

Сток нижнего течения р. Кубань регулируется Краснодарским водохранилищем. Правобережных притоков р. Кубань на рассматриваемом участке не имеет. Сток левобережных притоков регулируется Шапсугским, Крюковским и Варнавинским водохранилищами. В настоящее время Шапсугское водохранилище находится на реконструкции и, поэтому, работает на прямотоке. Река Кубань и ее рукав Протока практически по всей длине рассматриваемого участка обвалованы для защиты прилегающих территорий и населенных пунктов от затопления паводковыми водами.

Регулирование водохранилищами паводкового стока, а также система дамб обвалования не обеспечивают гарантированной защиты, особенно при совпадении прохождения паводков по р. Кубань и на ее левобережных притоках. Поэтому возникает необходимость в разработке имитационной компьютерной модели, позволяющей в оперативном режиме подбирать оптимальные решения по пропуску высоких вод. Целью применяемых при оперативном управлении решений является обеспечение таких попусков из водохранилищ, заборов и сбросов потребителей, чтобы не допустить в период катастрофических половодий и паводков, с одной стороны, форсировки и сработки водохранилищ, с другой обеспечить допустимый уровень воды в русловой части рек Кубань и Протока.

Разработанная в среде MIKE 11 компьютерная гидродинамическая модель Нижней Кубани, учитывает гидравлические и геометрические характеристики сооружений и русла. Основные параметры гидродинамической модели Нижней Кубани [4]:

1. Краснодарское, Крюковское, Варнавинское и Шапсугское водохранилища задаются батиметрическими функциями для условного поперечника в верхнем бьефе гидроузла;

Сбросные сооружения на гидроузлах задаются в модели как управляющие сооружения (*regulating structure*) или как регулируемые водовыпуски, расход через которые задает пользователь вручную. Таким образом, в модели имеется возможность регулирования сбросов, как в автоматическом режиме по правилам близким к диспетчерским графикам и принятой стратегией управления высокими половодьями, так и вручную, используя опыт эксплуатационного персонала и результаты многовариантных расчетов по модели.

2. Краснодарское водохранилище в модели задается как управляющее сооружение (regulating structure). При регулировании определяется расход воды, поступающий в НБ гидроузла;

3. Сбросные сооружения на Крюковском, Варнавинском и Шапсугском водохранилищах заданы как регулируемые водовыпуски, расход через которые в НБ описывается функцией  $Q(t)$ ;

4. Шапсугское водохранилище, находящееся в ближайшие пять лет на реконструкции, работает в настоящее время на прямотоке, т.е. сбросы с гидроузла в данной модели будут равны притоку к нему;

5. Федоровский гидроузел и образуемая им подпорная призма задаются поперечниками. Сбросное сооружение на гидроузле задается в модели как управляющие сооружения (regulating structure), поддерживающее необходимый уровень в верхнем бьефе;

6. Тиховский вододелитель в модели задается как управляющее сооружение (regulating structure) и располагается на р. Протока. При регулировании определяется расход воды, поступающий в Протоку. Остальная часть потока поступает в р. Кубань;

7. Участки р. Кубань и р. Протока, а также Крюковский сбросной канал и Варнавинский сбросной канал задаются поперечниками. Схема гидравлического сопряжения русловой части р. Кубань и р. Протока в их устьевых створах задается как функция  $H(t)$  уровня воды в Азовском море.

8. Приточность сверху для Краснодарского, Крюковского, Варнавинского, Шапсугского водохранилищ, к Варнавинскому СК задаются в виде гидрографов внешних и внутренних граничных условий  $Q(t)$ ;

9. Заборы и сбросы в и из оросительных систем, а также заборы на хозяйственные и промышленные нужды задаются в виде гидрографов внутренних граничных условий  $Q(t)$ .

На рисунке 1 показана разработанная в среде MIKE 11 расчетная схема речной сети Нижней Кубани с расположенными на ней гидроузлами.

Поиск оптимального управления на основе разработанной модели осуществляется в соответствии с принятыми правилами пропуска высоких половодий и заключается в последовательном поиске приемлемого решения за весь расчетный период половодья по приведенному ниже алгоритму с учетом краткосрочного и долгосрочного прогнозирования и уточняется (например, ежедневно) по мере прохождения паводковой волны. На примере катастрофического паводка 2002 г. на компьютерной модели и специально разработанных обзорных электронных таблиц в EXCELе были подобраны такие сбросы из водохранилищ, при которых наблюдается наименьшее превышение уровней на реке.



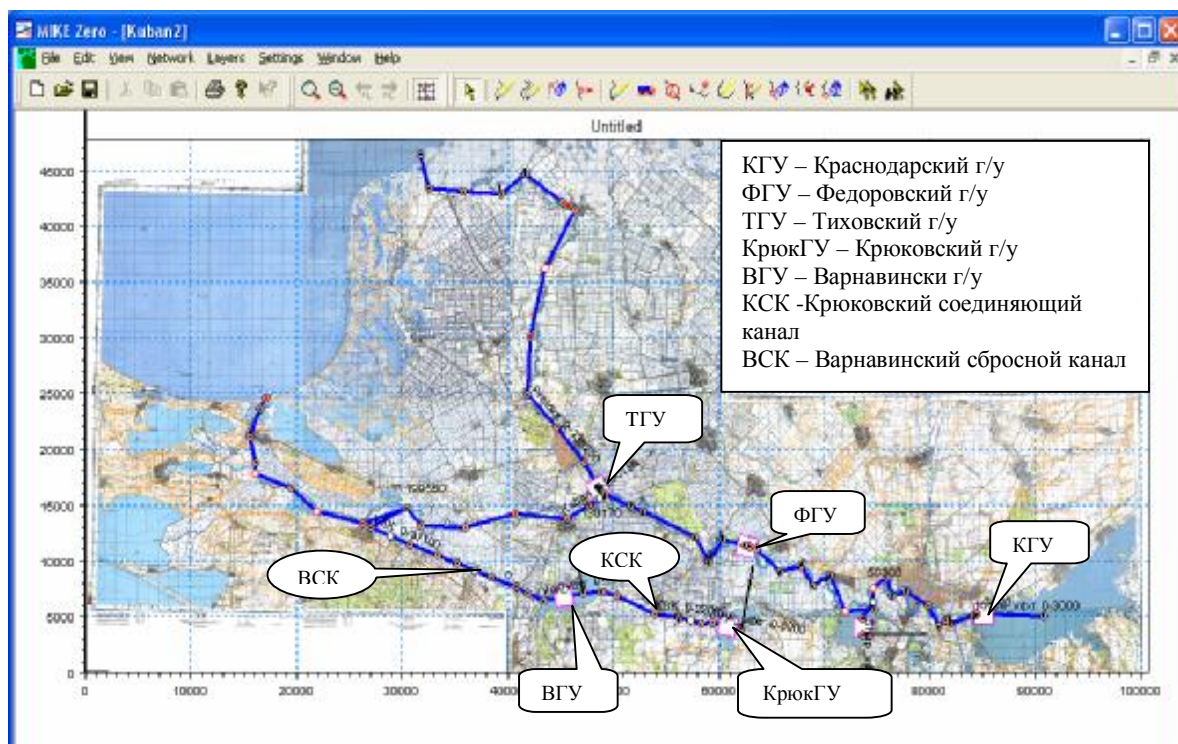


Рисунок 1 - Схема речной сети Нижней Кубани

Стратегия подбора оптимальных сбросов с гидроузлов нижней Кубани заключается:

1. Предварительный пропуск прогнозируемого половодья;
2. Сработка Краснодарского водохранилища;
3. Подбор допустимых сбросов с Краснодарского водохранилища для поддержания необходимых уровней на водозаборах;
4. Подбор допустимых сбросных расходов с Крюковского и Варнавинского водохранилищ;
5. Перераспределение стока между Кубанью и Протокой на Тиховском водodelителе;
6. Забор максимально возможных расходов в оросительные системы;
7. Регулирование затворами на Федоровском гидроузле.

Реализуя вышеуказанную концепцию пропуска высоких паводковых вод, удалось в значительной мере снизить нагрузки на дамбы обвалований и этим минимизировать ущерб от их вредного воздействия. На рисунках 2 и 3 показано сравнение уровней воды в реке до и после расчетов по подбору сбросов.

Таким образом, разработанная гидродинамическая компьютерная модель Нижней Кубани, адекватно отображающая реальную картину режимов реки на рассматриваемом участке и решения с ее помощью ряда обратных задач методом подбора последовательных итераций, позволяют в оперативном режиме определить приемлемые попуски в нижние бьефы гидроузлов минимизирующие ущерб от вредного воздействия высоких вод.

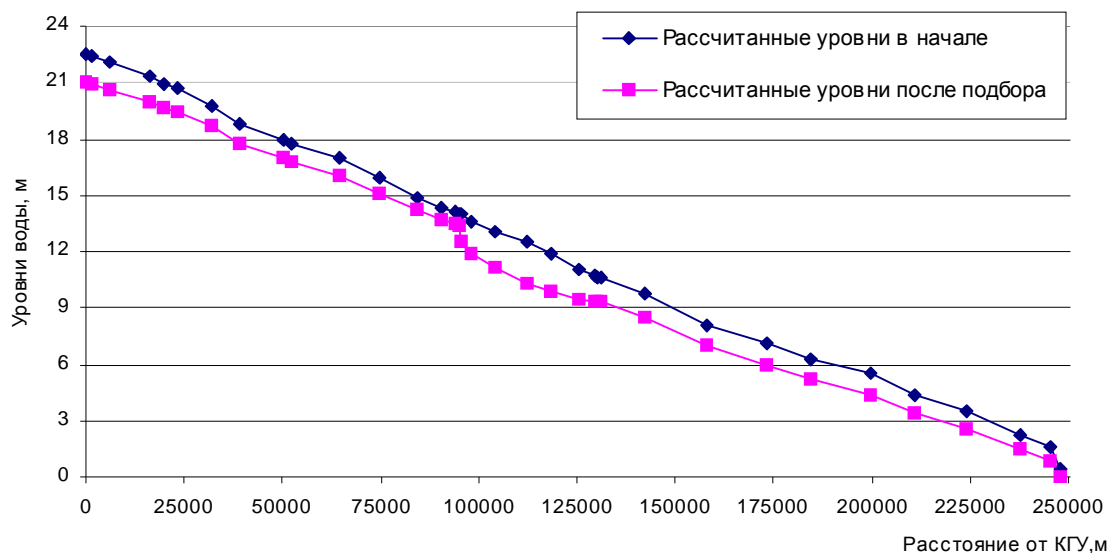


Рисунок 2 - Сравнение уровней свободной поверхности по р. Кубань

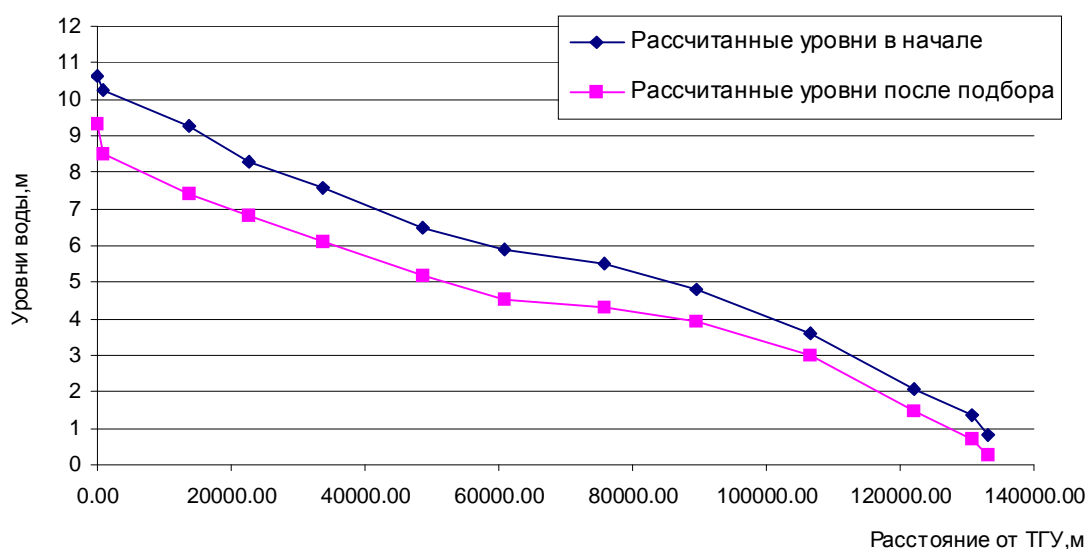


Рисунок 3 - Сравнение уровней свободной поверхности по р. Протока

### Литература

1. MIKE 11 моделирование систем для рек и каналов. Руководство пользователя. Датский гидравлический институт – 2003 г.
2. MIKE 11 a modeling system for the rivers and channels. User guide. DHI Software.
3. Бубер А. Л., Ремизова Ю. А. Использование программ семейства MIKE 11 для моделирования гидродинамических процессов и качества воды в речных системах. Материалы Второй научно-практической конференции, Сыктывкар. 2003, стр. 37
4. Научно-технический отчет «Разработка программы моделирования возможных сценариев совместного регулирования сбросов из Крюковского, Варнавинского и Краснодарского водохранилищ», ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, 2006 г.

УДК 631.6

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОСЛИВОВ С ПОРОГОМ ТРЕУГОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ РУСЛАХ И КАНАЛАХ

**Е.Г. Филиппов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия;

**А. Бракени**

Университет им. Абдеррахмана Мира, Алжир

Водосливы с порогами треугольного профиля отличаются постоянством коэффициента расхода в определенных диапазонах изменения напоров (расходов) и в связи с этим широко применяются в качестве гидрометрических сооружений. В настоящее время для практического использования рекомендуется несимметричный треугольный порог с откосами в верхнем и нижнем бьефах соответственно 1:2 и 1:5. Для этого порога имеется отечественная нормативная документация [1;2] и международные стандарты ИСО 4360, утвержденные в первой редакции в 1979 г. [3] и в пересмотренной второй редакции – в 1984 г. [4]. Первая редакция ИСО 4360 была разработана на основе результатов экспериментальных исследований, проведенных Э. Крампом [5]. В дальнейшем в Великобритании были проведены более тщательные исследования [6;7] двух профилей треугольных порогов, имеющих откосы в верхнем и нижнем бьефах соответственно 1:2 – 1:5 (водослив Крампа) и симметричных – 1:2 – 1:2. Полученные результаты по первому водосливу [6] послужили основой для разработки второй редакции международного стандарта ИСО 4360 [4] и отечественного нормативного документа [1].

Исследования симметричного профиля порога водослива [7] оказались недостаточными для разработки практических рекомендаций по его внедрению. Учитывая, что указанный симметричный профиль водослива требует меньших затрат при строительстве по сравнению с несимметричным, в лаборатории кафедры гидравлики Московского государственного университета природообустройства под руководством проф., д.т.н. Штеренлихта Д.В. в 1995-96 гг. были проведены экспериментальные исследования водосливов с тремя профилями порогов.

Исследования проводились в прямоугольном гидравлическом лотке шириной  $b_d = 0,245$  м и высотой – 0,3 м. Профили порогов экспериментальных водосливов имели откосы в верхнем и нижнем бьефах соответственно: 1:2 и 1:5; 1:2 и 1:3; 1:2 и 1:2. Высота всех трех профилей порогов была одинаковой и равной  $P = 0,15$  м. Диапазоны расходов были приняты от 0,010 до 0,024 м<sup>3</sup>/с и измеряемых напоров от 0,053 до 0,1225 м. Уровни воды измерялись в 21 створе, которые располагались на следующих расстояниях  $l_a$  от верхней кромки водосли-

вов: 0,95 (6,33  $P$ ); 0,85 (5,67  $P$ ); 0,75 (5,0  $P$ ); 0,65 (4,33  $P$ ); 0,55 (3,67  $P$ ); 0,45 (3,0  $P$ ); 0,25 (1,67  $P$ ); 0,15 (1,0  $P$ ); и 0,00.

Проведенные исследования показали, что наиболее устойчивые постоянные значения коэффициентов расхода имеют два профиля треугольных порогов с откосами в верхнем и нижнем бьефах соответственно: 1:2 и 1:5, а так же 1:2 и 1:2. Поскольку для первого профиля порога имеются разработанные рекомендации по использованию, то в данной статье рассмотрим технические рекомендации для практического использования водосливов с симметричным профилем порога и приведем обоснование достоверности полученных результатов для водосливов в натурном канале.

В соответствии с нормативными документами [1;2;3;4] уравнения расходов для водосливов с треугольными профилями порогов имеют вид;

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{1.5} \sqrt{g} \cdot C_d \cdot b(H)^{1.5}, \quad (1)$$

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{1.5} \sqrt{g} \cdot C_v \cdot C_d \cdot b(h)^{1.5}, \quad (2)$$

где  $h$  – измеряемый напор в верхнем бьефе на расстоянии  $l_a$  от кромки водослива, м;  $H$  – полный удельный напор в м, равный  $H = h + \alpha \frac{V^2}{2g}$ , причем принимают  $\alpha = 1,0$ ;  $g$  – ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/с;  $C_d$  – безразмерный коэффициент расхода;  $C_v$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость подхода потока к сооружению, равный

$$C_v = \left(\frac{H}{h}\right)^{1.5}; \quad (3)$$

$b$  – ширина водослива, м.

При проведении экспериментальных исследований определялся экспериментальный коэффициент в уравнении расхода [2], равный

$$C_{\text{э}} = C_v \cdot C_d, \quad (4)$$

а затем вычислялся коэффициент скорости по (3) и искомый коэффициент расхода

$$C_d = \frac{C_{\text{э}}}{C_v}. \quad (5)$$

Для достоверности использования результатов исследований на лабораторной экспериментальной установке, сравним полученные данные с результатами исследований натурного водослива с таким же симметричным профилем треугольного порога, т.е. с откосами 1:2. В качестве натурного объекта примем водослив, исследованный Базеном [8], который был установлен в прямоугольном канале шириной  $b_k = 1,992 \text{ м} \dots 2,0 \text{ м}$ , имел высоту порога  $P = 0,5 \text{ м}$ , диапа-

зон измерения расходов от 0,0864 до 1,1863 м<sup>3</sup>/с, измеряемый напор – от 0,07 до 0,405 м и измерительное сечение, расположенное на расстоянии  $l_a = 5,0$  м (10  $P$ ).

На рисунке 1 приведены градуировочные характеристики экспериментального и натурального водосливов. Из рисунка 1 видно, что обе характеристики совмещаются в одну прямую с отклонением экспериментальных точек не более чем 0,5%. Это свидетельствует о том, что принятые в экспериментальных исследованиях геометрические параметры порога водослива и диапазоны гидравлических характеристик при моделировании их по Фрудру дают достоверные результаты пересчета на натуру. Принятая ширина гидравлического лотка (0,245), хотя и меньше, чем рекомендуется (0,3 м) нормативными документами [1;2;3;4], вполне достаточна для исследований расходных характеристик водосливов.

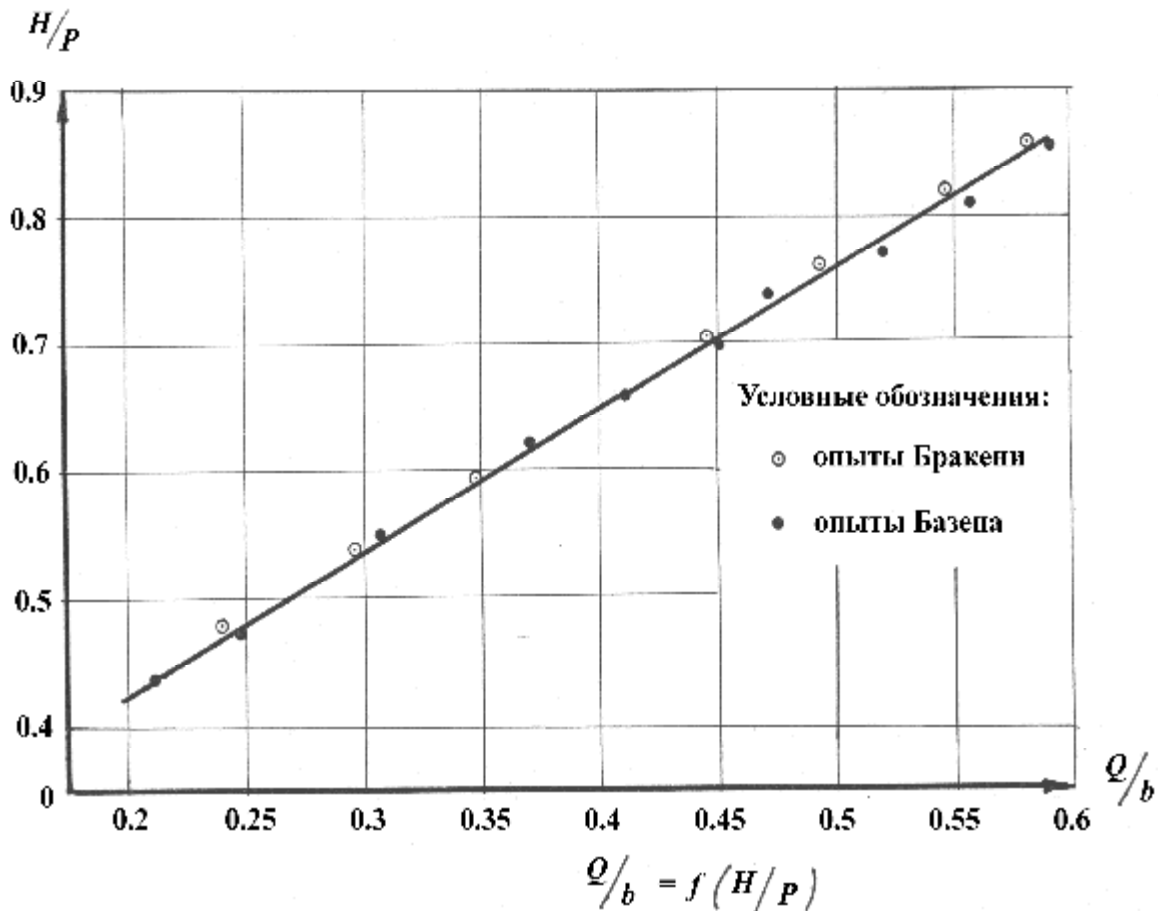
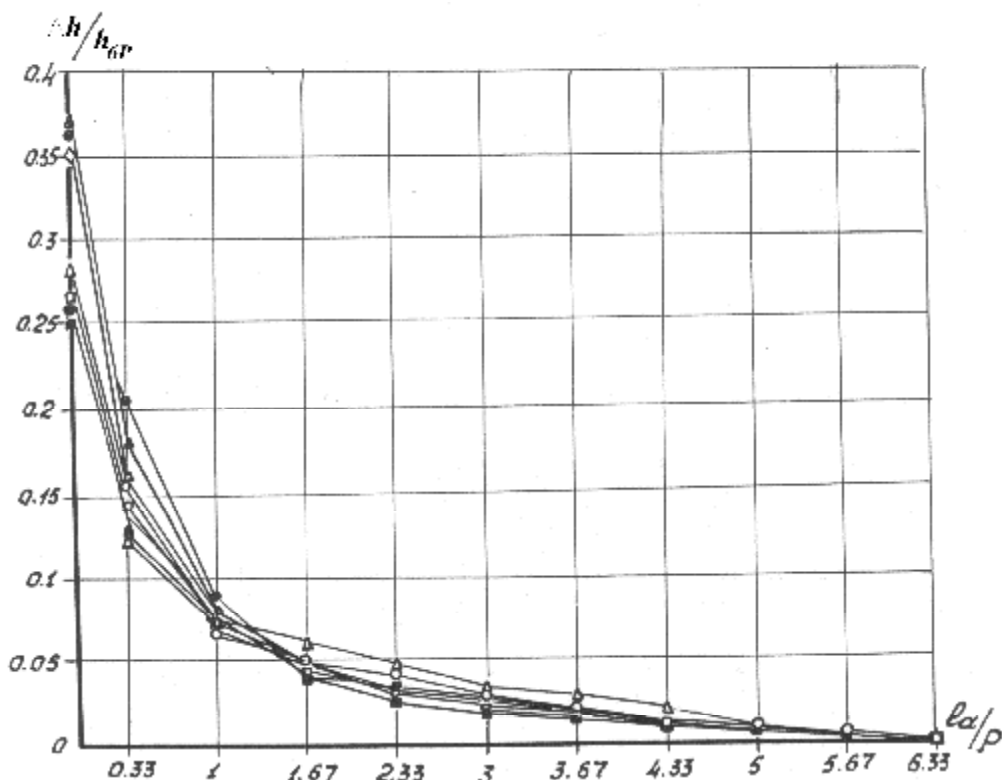


Рисунок 1 - Градуировочная характеристика экспериментального и натурального водосливов

Зависимость коэффициента расхода  $C_d$  от относительного полного напора  $\frac{H}{P}$  показывает постоянство коэффициента расхода ( $C_d = 1,245$ ) и хорошую совместимость лабораторных и натуральных данных. Причем, измерительный створ у экспериментального водослива находился на расстоянии 6,3  $P$  от верхней

кромки порога, а у натурального водослива – на  $10 P$ , что дает возможность сделать вывод о незначительном изменении действующего напора при расположении измерительного створа от  $6 P$  до  $10 P$ .

Вместе с тем, следует отметить, что расположение измерительного створа на расстоянии менее  $6 P$  имеет существенное значение при определении расходных характеристик водосливов. Так, на рисунке 2 показана зависимость относительного изменения действующего напора от относительного расстояния расположения измерительного створа. Как видно из рисунка 2, уменьшение расстояния от  $6 P$  до  $0$  вызывает изменение действующих напоров до 37% и полных напоров до 20% от напоров в измерительном сечении, расположенном на расстоянии  $6 P$ .

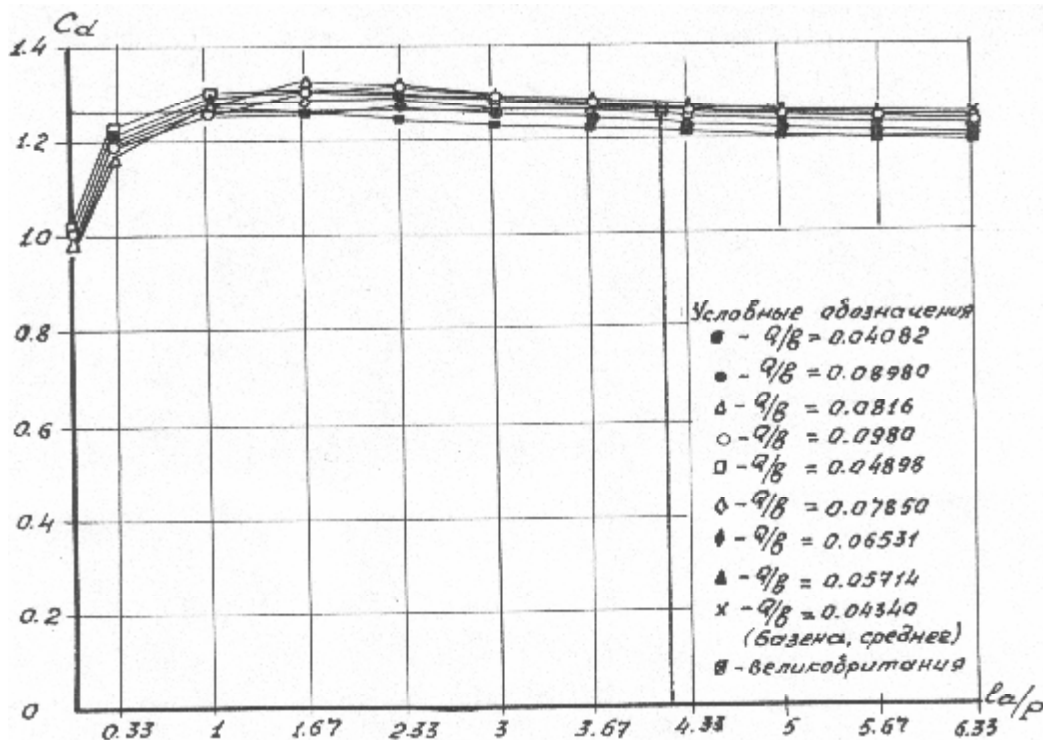


$$\Delta h/h_{6P} = f(l_a/P)$$

Рисунок 2 - Зависимость относительного действующего напора от относительного расстояния створа

На рисунке 3 показана зависимость изменения коэффициента расхода  $C_d$  от относительного расположения измерительного створа  $\frac{l_a}{P}$ . Как видно из рисунка 3, наиболее устойчивые значения коэффициентов расхода, соответствующие линейной интерполяции, располагаются в диапазоне от  $6 P$  ( $10 P$ ) до  $3 P$  и с небольшой дополнительной погрешностью до  $2 P$ , расположение измерительного сечения ближе, чем  $2 P$  нецелесообразно, т.к. имеет место резкое изменение значений коэффициента расхода и соответствующее возрастание погрешности

определения расходов воды. Как по нашим данным, так и по [7] коэффициент расхода для измерительного водослива при расположении измерительного створа на расстоянии  $4P$  равен  $C_d = 1,255$ .



$$C_d = f(l_a/P)$$

Рисунок 3 - Зависимость изменения коэффициента расхода  $C_d$  от относительного расположения створа

Полученные результаты показывают, что при разработке нормативных документов для гидрометрических сооружений и в частности для водосливов с донными порогами, необходимо более точно определять местоположения измерительных створов действующих напоров, т.к. существующие рекомендации [1;4] содержат недопустимые диапазоны расстояний расположения створов, например,  $l_a \geq 2h_{max}$ .

При расположении измерительного створа по указанным рекомендациям это расстояние в наших исследованиях было бы равным  $l_a = 0,245 \text{ м} \approx 1,63 P$ . При измерении напора в створе с  $l_a = 1,63 P$ , а не  $l_a = 4 P$  дополнительная погрешность определения расхода составила бы 3,34% для  $\frac{Q}{b} = 0,098$ , что значительно превысило бы допустимую погрешность измерения расходов воды на гидромелиоративных системах, равную 5%.

При уточнении отечественных нормативных документов [1] и при очередном пересмотре международного стандарта для водосливов с порогами треугольного профиля ИСО 4360 [4] рекомендуем следующее:

- включить в эти документы для практического применения в системах водоучета для открытых водотоков и каналов водослив с симметричным треугольным порогом с откосами в верхнем и нижнем бьефах, равными 1:2;

- для рекомендуемого водослива использовать в уравнении расхода коэффициент расхода, равный 1,255 при расположении измерительного створа на расстоянии равном  $4P$  от верхней кромки гребня порога, а относительную погрешность принимать равной 0,5...1,0%;

- измерительный створ можно располагать на расстоянии  $2h_{max}$  при условии примерного равенства  $h_{max} \approx P$ , принимая при этом относительную погрешность определения коэффициента расхода, равную 2%;

- при расположении измерительного створа на расстояниях, отличных от указанных выше, коэффициент расхода принимать из рисунка 3.

### **Литература**

1. МИ 2122-90. ГСИ. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков. Госстандарт СССР, ВНИИР, Казань, 1990 г. (Взамен РДП 99-77) – 73 с.

2. РДП 99-77. Правила измерения расхода жидкости при помощи стандартных водосливов и лотков. Госстандарт СССР. М.:1977 – 51 с.

3. ISO 4360 Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes – Triangular profile weirs, First edition, Geneva, ISO, 1979.

4. ISO 4360 Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes – Triangular profile weirs, Second edition, Geneva, ISO, 1984.

5. Crump E.S. A new method of gauging stream with little afflux by means of submerged weir of triangular profile//Proc. Inst. Civil Engrs (PISE) № 1, March, 1952. – P 223-242.

6. Report № ex 477. The triangular profile Crump weir. A re-examination of discharge characteristics Hydraulics Research station. – Wallingford. England, 1970.

7. White WR, Burgess I.S. The triangular profile weir with 1:2 upstream and downstream slopes÷Report № in T64/ Hydraulics Research station. – Wallingford. England, 1967.

8. Harton R.E. Weir experiments, coefficients and formulas, Water-Supply and Irrigation, Paper №200, U.S. Geological Survey, Washington, 1907.

9. Бракени А. Пропускная способность треугольного водослива практического профиля. Дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н.; М.: 1996.

УДК 628.113

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА ВОДОХРАНИЛИЩ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**А.О. Щербаков, Е.Э. Головинов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В сфере исследования и эксплуатации водохранилищ и водохозяйственных систем в последнее десятилетие особенно актуальными и, можно сказать решающими, стали проблемы их управления. С развитием вычислительной тех-



ники и программных продуктов особую актуальность приобрел вопрос о внесении дополнений в существующие методы оперативного управления. Использование единого методического подхода к решению данной проблемы в задачах перспективного планирования и эксплуатации ГЭС, в свою очередь, позволит существенно повысить их технико-экономическую эффективность.

При помощи теории автоматического управления, на базе которой разрабатывается большинство средств автоматизации, изучаются процессы управления объектами разной физической природы, с использованием математических средств выявляются свойства систем автоматического управления и разрабатываются рекомендации по их проектированию.

В общей теории управления самым современным направлением может служить теория нечетких множеств и нечеткая логика «Fuzzy Logic» /1/.

Математическая теория нечетких множеств (fuzzy sets) и нечеткая логика (fuzzy logic) являются обобщениями классической теории множеств и классической формальной логики. Данные понятия были впервые предложены ученым математиком Лотфи Заде (Lotfi Zadeh) в 1965 г./2/. Основной причиной появления новой теории стало наличие нечетких и приближенных рассуждений при описании нелинейных многофакторных процессов, систем, объектов.

По своей идее нечеткая логика в системах управления используется для того, чтобы включить в программу исполнения правил управления, которыми пользуется эксперт и которые трудно формализуются другими способами.

В общем случае процесс нечеткого моделирования может быть представлен в форме взаимосвязанных этапов, на каждом из которых выполняются определённые действия, направленные на построение и последующее использование информационно-логических моделей систем (рис 1.).

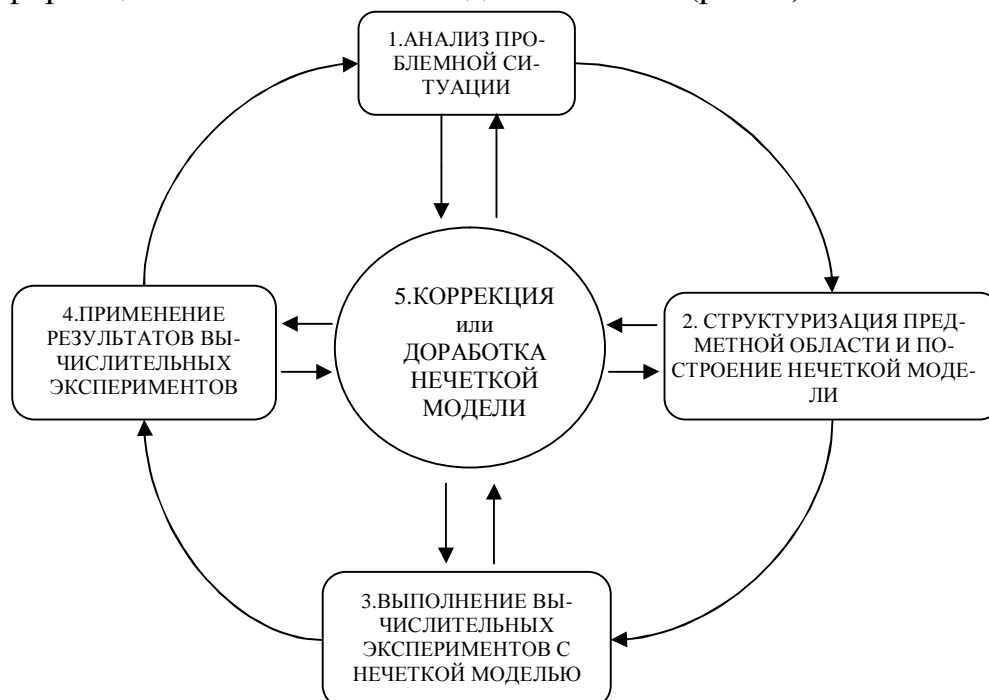


Рисунок 1 - Общая концептуальная схема процесса нечеткого моделирования

Ключевое преимущество нечеткой логики по сравнению с другими подобными интеллектуальными системами заключается в том, что: во-первых, при тех же объемах входной и выходной информации центральный блок принятия решений становится компактнее и проще для восприятия пользователем; во-вторых, решение сложной и громоздкой задачи вычисления точных воздействий подменяется значительно более простой и гибкой стратегией адаптивного приближения при сохранении требуемой точности результата. Очевидной областью внедрения являются управление режимами работы гидроузла.

В лаборатории гидроэкологии отдела гидротехники и гидравлики ГНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова разработана модель оперативного управления ГУ на основе «*Fuzzy Logic*» для водохранилищ, эксплуатирующихся в транзитном режиме. Разработка модели осуществлена с использованием программного продукта Simulink, входящего в состав MatLAB (рис 2).

Рассмотрим функционирование модели на примере зарегулированного участка реки Рейн, протяженностью – 14 км. Величина изменения расхода на входе составляет: от  $270 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $4500 \text{ м}^3/\text{с}$ . Уклон реки –  $6.7 \cdot 10^{-4}$ . Средний расход –  $1040 \text{ м}^3/\text{с}$ . Режим регулирования – транзитный.

Основными блоками созданной компьютерной модели регулирования стока являются «Контроллер на нечеткой логике» и «STReAM Гидродинамический модуль». Блок «STReAM» – это численный гидродинамический метод, разработанный в Техническом Университете г. Карлсруэ, позволяющий имитировать гидравлические условия потока в водохранилищах. Применяемый здесь метод опирается на модель водохранилища, численно определяющую гидравлические условия потока на исследуемых участках реки. Модель реализуется с помощью одномерного нестационарного численного метода для расчёта гидравлических характеристик, таких как уровни и расходы воды в заданных створах водохранилища.

Создание блока «Контроллер на нечеткой логике» состоит из следующих этапов.

На первом этапе определяется количество входных и выходных переменных. Для водохранилища мы определили две входные переменные и одну выходную. А именно, на входе, «Приток» – объём воды за единицу времени, проходящий через поперечный профиль в начале водохранилища (рис 3), и «Уровень» – изменение уровня верхнего бьефа непосредственно у гидроузла (рис 4). Также можно использовать изменение уровня в нескольких точках. На выходе одна переменная, «РасходГУ» – расход, который следует пропустить через гидроузел для поддержания проектного уровня (рис. 5).

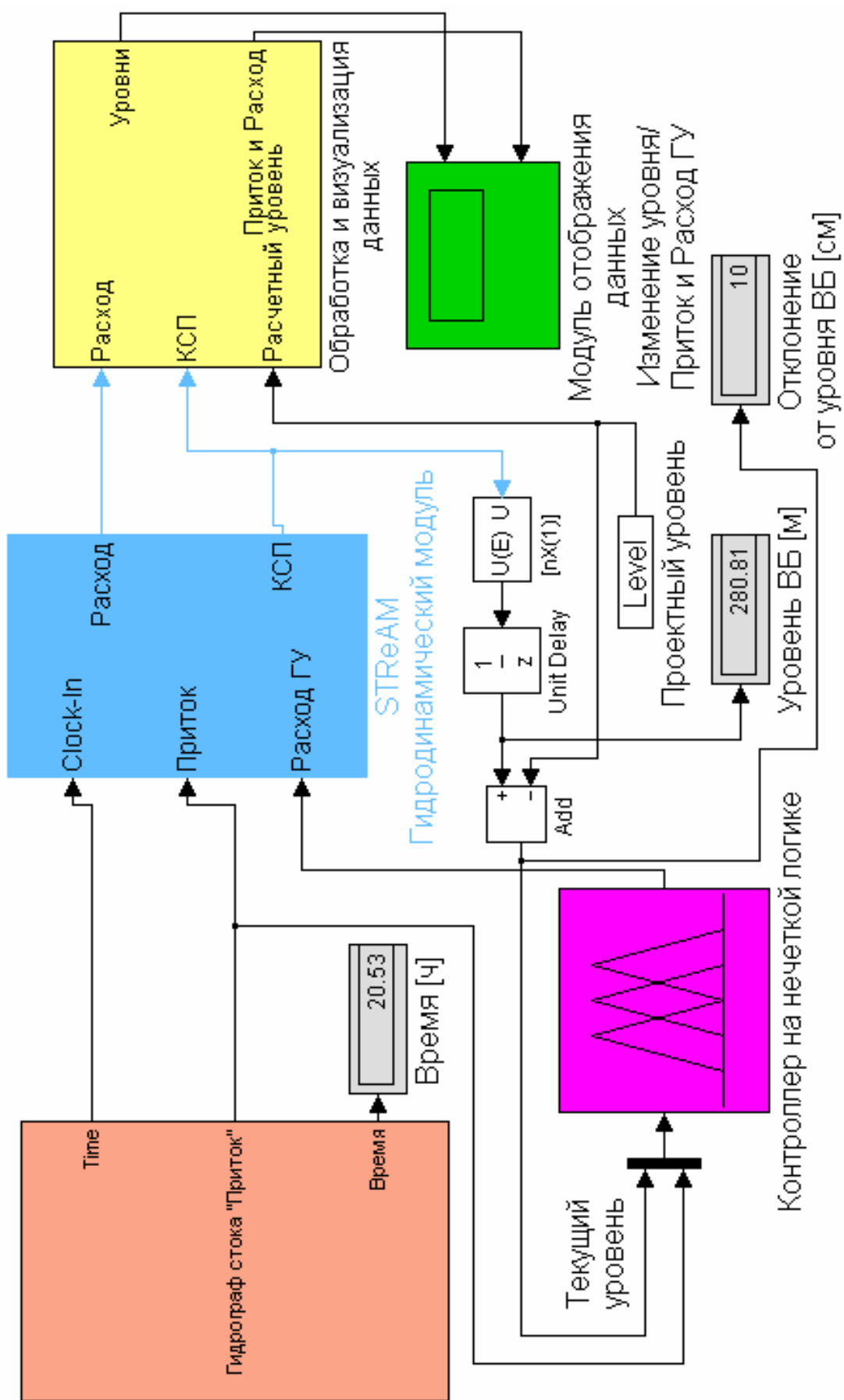


Рисунок 2 - Компьютерная модель регулирования

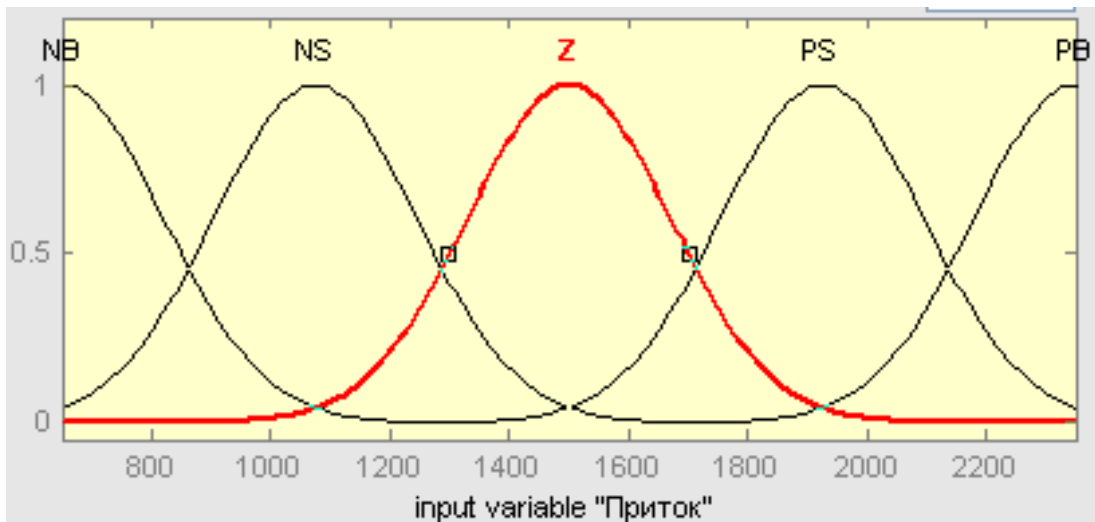


Рисунок 3 - Графическое представление функций принадлежности входной переменной «Приток». Приток в водохранилище, ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

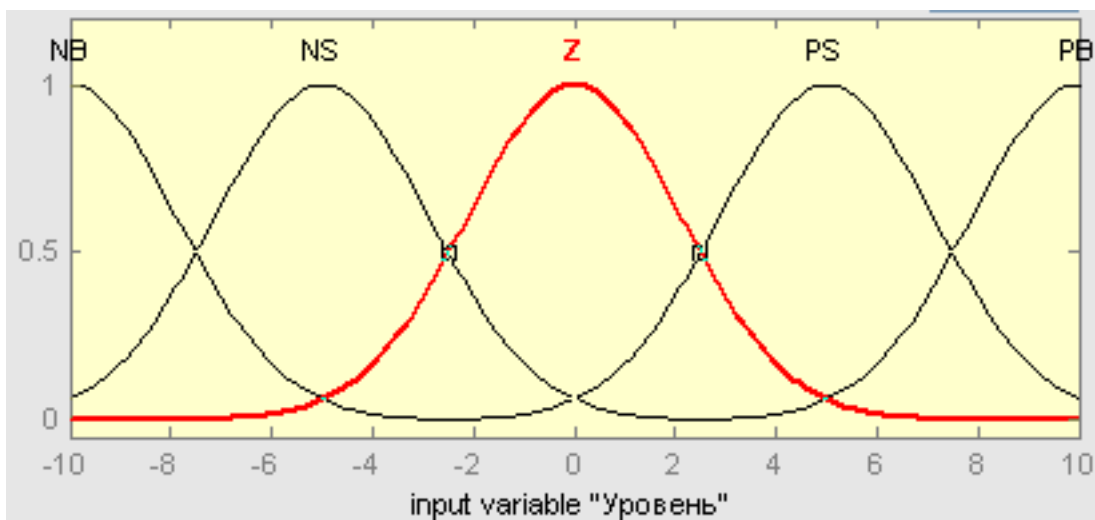


Рисунок 4 - Графическое представление функций принадлежности входной переменной «Уровень». Отклонение уровня от проектного, (см)

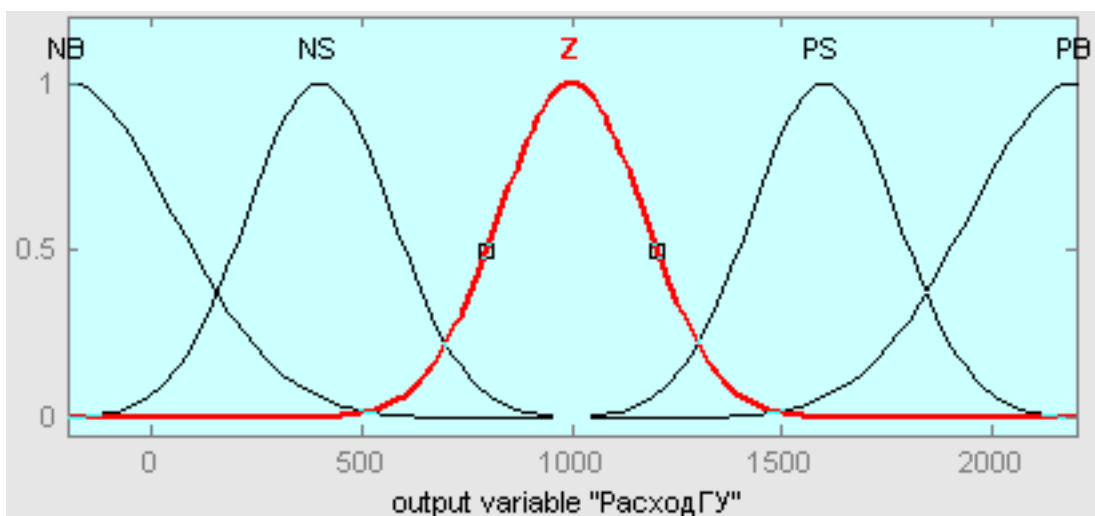


Рисунок 5 - Графическое представление функций принадлежности выходной переменной «Расход ГУ». Рекомендуемый расход ГУ, ( $\text{м}^3/\text{с}$ )

Для функций принадлежности используются общепринятые сокращения терминов, представленные в виде таблицы 1.

Таблица 1 - Сокращения основных термов лингвистических переменных

Символическое обозначение	Англоязычная нотация	Русскоязычная нотация
NB	Negative Big	Отрицательное большое
NM	Negative Middle	Отрицательное среднее
NS	Negative Small	Отрицательное маленькое
ZN	Zero Negative	Отрицательное близкое к нулю
Z	Zero	Нуль, близкое к нулю
ZP	Zero Positive	Положительное близкое к нулю
PS	Positive Small	Положительное малое
PM	Positive Middle	Положительное среднее
PB	Positive Big	Положительное большое

Далее задаются правила регулирования в количестве не менее одного. Метод нечеткой логики, как было отмечено ранее, позволяет оперировать «размытыми» понятиями. На рисунке 6 представлена база правил, по которым происходит управление пропускными сооружениями ГЭС.

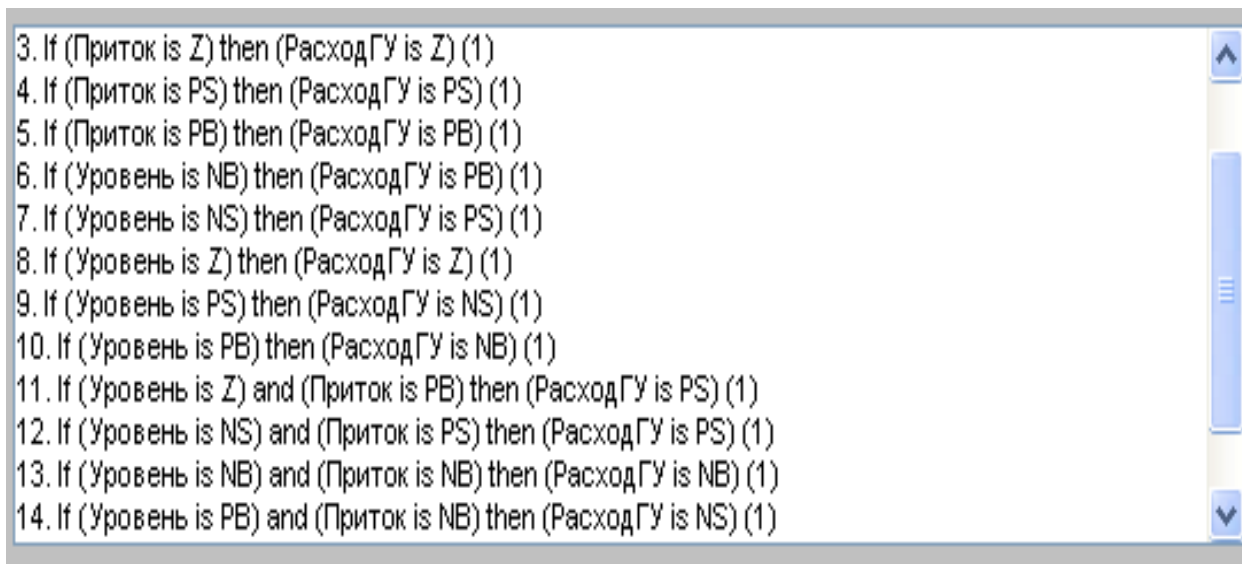


Рисунок 6 - База правил нечеткого управления

В качестве примера рассмотрим правила №4 и №11.

Правило №4. «If (Приток is PS) then (Расход ГУ is PS)» – отсюда следует, что если приток «примерно» находится на границе от 1400 м<sup>3</sup>/с до 2400 м<sup>3</sup>/с, то рекомендуемый расход должен быть «примерно» от 1000 м<sup>3</sup>/с до 2000 м<sup>3</sup>/с.

Правило №11. «If (Уровень is Z) and (Приток is PB) then (Расход ГУ is PS)» – Если отклонение уровня от расчетного находится на промежутке от -4 см до 4 см и приток от 2000 м<sup>3</sup>/с и более, то рекомендуемый расход должен быть «примерно» от 1000 м<sup>3</sup>/с до 2000 м<sup>3</sup>/с.

Из рисунка 6 хорошо видно, что для создания базы правил не обязательно использовать все входные и выходные переменные, а можно, как, например, «Правило №4», использовать и одну переменную.

После создания правил автоматически генерируется поверхность нечеткого вывода (рис. 7). Полученная поверхность позволяет проанализировать поведение модуля управления при изменении параметров системы. Пользователь может прогнозировать поведение управляющего модуля при наступлении тех или иных событий. Обеспечивается плавность регулирования без резкого изменения расходов через водопропускные сооружения, что в свою очередь позволит более рационально использовать оборудование ГЭС. Расширение модели путём увеличения количества входных переменных позволит учитывать боковую приточность и полезные попуски на нужды участников ВХС, например, оросительные системы или коммунально-бытовое водоснабжение.

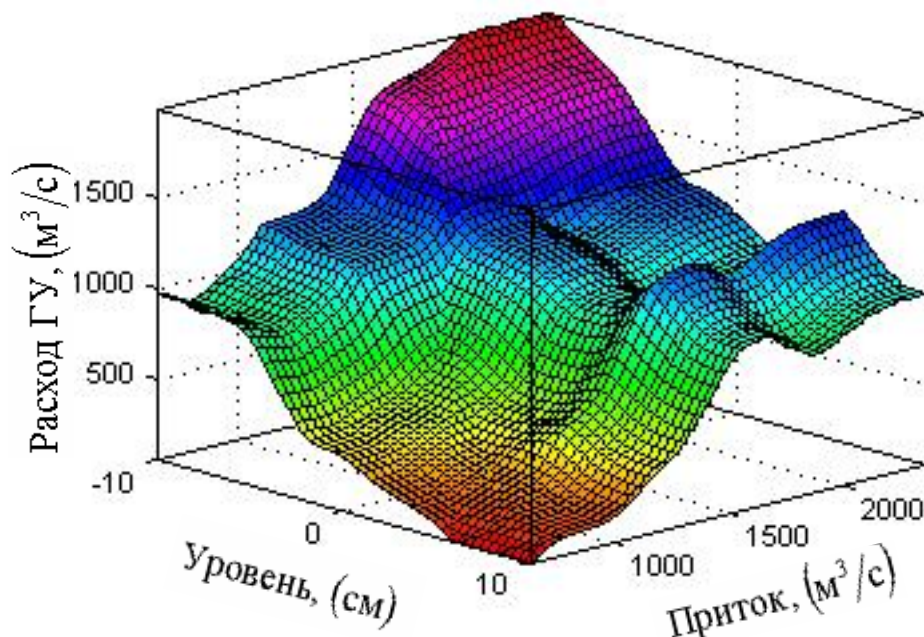


Рисунок 7 - Поверхность нечеткого вывода  
Зависимость расхода через гидроузел от притока и изменения уровня

#### Литература

1. Леоненков А. «Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH» . СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.: ил. ISBN 5-94157-087-2
2. Усков А.А., Кузьмин А.В. «Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика» М.: Горячая линия - Телеком. 2004. 144с.
3. Поспелов Д.А. «Логико-лингвистические модели в системах управления».- М.: Энергоиздат, 1981.- 232 с.

## ***ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИИ***

УДК 631.6 (67)

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В УЗБЕКИСТАНЕ**

**З.С. Абдуллаев, У.А. Хошимов**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Узбекистан

В условиях Узбекистана особое значение имеет орошаемые земли, так как практически все виды сельскохозяйственных культур в стране возделываются только на орошаемых землях. Учитывая ограниченность земельных и водных ресурсов, а также особенности в организации обслуживания предприятий сельского хозяйства, сложившиеся в условиях плановой экономики, правительством республики была принята политика аграрных реформ, которая предусматривает – не переводить земельные и водные ресурсы в частную собственность, а передавать земельные угодья в аренду работникам хозяйств.

В Узбекистане имеются 4,3 млн. га орошаемых земель, что составляет около 9,7 процентов всех земельных ресурсов страны. В сельском хозяйстве используется более 4,2 млн. га орошаемых земель, из которых более 3,3 млн. га пашни. На 313,3 тыс. га орошаемых землях размещены многолетние насаждения.

В настоящее время в республике проводятся крупные меры по становлению и развитию в аграрном секторе субъектов многоукладной экономики, особенно фермерских хозяйств. В республике на начало 2007 года функционировали более 190 тысяч фермерских хозяйств. В них занято 1,4 млн. работников. Только в 2006 году за счет реорганизации низкорентабельных, убыточных и бесперспективных ширкатных хозяйств создано более 74 тыс. фермерских хозяйств, из которых более половины плодоовощного направления. Фермерским хозяйствам земля передается в долгосрочную аренду со сроком до 50 лет, но не меньше чем на 30 лет с правом наследования. Для фермерских хозяйств, специализирующихся на производстве хлопка и зерна, минимальный размер земельных участков, предоставляемых в аренду, составляет 10 гектаров, а в плодоовощеводстве - не менее 1 га. Фермерским хозяйствам, специализирующимся на производстве продукции животноводства предоставляется в аренду от 0,3 до 0,45 га орошаемых земель на каждую условную голову скота. Если в 2000 году на долю фермерских хозяйств приходилось около 21 процента производства хлопка, то в 2006 году - уже более 86 процентов, производства зерно-колосовых соответственно 15 и 75 процентов.

На селе внедрены новые формы кооперации труда и хозяйственных отношений, основанные на рыночных принципах. Так, фермерскими хозяйствами

создано около 200 агрофирм, специализирующихся на производстве и глубокой переработке плодоовощной продукции и винограда, формируется производственная и рыночная инфраструктура по обслуживанию сельскохозяйственного производства, оказанию транспортных услуг и др.

В соответствии с Законом Республики Узбекистан «О дехканском хозяйстве» принятого в 1998 году, личные подсобные хозяйства населения преобразуются в дехканские хозяйства. Это осуществляется на добровольной основе с образованием и без образования юридического лица. Сегодня их общее число составляет более 3,3 млн., которым передано более 623 тыс. гектаров земель с правом пожизненного наследуемого владения. Предусматривается увеличение размеров земельных угодий предоставляемых для ведения дехканских хозяйств сельским семьям до 0,35 га на орошаемых и до 0,5 га на богарных землях.

Дехканскими хозяйствами сегодня производится более 60% продукции сельского хозяйства республики. Значительный объем производимой ими продукции реализуется на дехканских рынках, поставляется на перерабатывающие предприятия и на экспорт.

Таким образом, фермерские и дехканские хозяйства стали основными укладами в сельскохозяйственном производстве страны и правительством создаются экономические и финансовые условия по их поддержке. Благодаря государственной поддержке в указанных хозяйствах устойчиво увеличиваются объемы производства хлопка, зерна, плодов и овощей, продукции животноводства, особенно молока. Это в основном происходит за счет роста урожайности культур, возделываемых на орошаемых землях. Так, в фермерских хозяйствах в 2005 году рост урожайности хлопка составил 6,2 ц по сравнению с 2000 годом, или в среднем ежегодный рост составил 1,24 ц/га. За указанный период урожайность пшеницы в фермерских хозяйствах росла с 24,7 до 39,7 ц/га, а в дехканских с 39,7 до 54,5 ц/га. В отдельных регионах страны урожайность зерна растет еще более высокими темпами. В Андижанской области она составляет более 59 ц/га, Бухарской 54, Наманганской и Самаркандской областях более 50 ц/га.

За анализируемый период высокими темпами росли в фермерских хозяйствах урожаи картофеля, овощных и бахчевых культур. Все это свидетельствуют о расширении опыта возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях новыми фермерами, что является положительным фактом в системе ведения сельского хозяйства Узбекистана.

Благодаря росту объемов производства сельскохозяйственных культур увеличивается поставка их на экспорт. За 9 месяцев 2006 г., по сравнению аналогичным периодом 2005 г., почти в 1,5 раза вырос объем экспортных поставок свежей плодоовощной продукции и винограда в Российскую Федерацию. Этому также способствовали благоприятные условия по ускоренному оформлению таможенных документов, предусмотренные в договоре между двумя странами.



В целом созданные сегодня в Узбекистане законодательная база и экономические условия оказывают благоприятные влияния на целенаправленное использование орошаемых земель и повышение их отдачи в интересах хозяйств, общества и государства. Вместе с тем, предусматривается принятие единой программы развития территорий страны на период 2007-2011 г.г. в которой основное внимание будет уделено мерам дальнейшего развития сельского хозяйства и повышения уровня жизни сельского населения.

УДК 631.67 (470.45)

## **ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ**

**А.Д. Ахмедов, А.А. Королев**

Волгоградская ГСХА, Волгоград, Россия

В настоящее время в условиях Нижнего Поволжья важное значение имеет дальнейшее освоение и улучшение использования пойменных земель, в первую очередь - Волго-Ахтубинской поймы.

Пойменные земли отличаются большим разнообразием и неоднородностью, обусловленными своеобразным режимом увлажнения, обвалованием, характером почв, степенью окультуренности, расчленённостью и другими условиями. С учётом всех особенностей в использовании земель Волго-Ахтубинской поймы сложилось четыре основных направления.

Первое направление - обвалование участков, т.е. постройка искусственных ограждений против затопления во время разлива с организацией орошения на обвалованной территории. На таких участках при орошении получают с 1 га до 100 т томатов, 60-70 т капусты, 20-30 т картофеля. В садах собирают до 25 т/га яблок, а от виноградников получают свыше 10 т/га винограда. Высокую урожайность на пойменных землях дают люцерна (до 15-20 т/га сена), кукуруза (до 80-100 т/га зелёной массы) и другие кормовые культуры. Применение промежуточных посевов позволяет получать два урожая кормовых культур с суммарным сбором зелёной массы до 50-120 т/га.

Второе направление - проведение «послеспадовых» посевов без дополнительного орошения. За счёт естественной влагозарядки без вегетационных поливов имеется возможность выращивать по «баклугам» (пересекающим ерикам, озёрам и другим понижениям) картофель, а на повышенных участках - кукурузу, сорго и их смеси с суданской травой.

Третье направление - послеспадовые посевы с организацией дополнительных вегетационных поливов из местных водных источников. Набор культур для размещения на временно заливных землях определяется сроками освобождения площади от затопления и хозяйственными потребностями. Это овощи,

картофель, кукуруза и др.

Четвёртое направление - использование естественных сенокосов и пастбищ. В Волго-Ахтубиинской пойме эти угодья занимают 62 % всей площади. Продуктивность естественных сенокосов и пастбищ во многом определяется режимом затопления, погодными условиями, видовым составом травостоя. В годы с многоводным половодьем заливаются большие площади, и сбор сена увеличивается, в годы с низким паводком урожайность зелёной массы на незатопляемых участках обычно составляет 2-3 т/га и идёт она чаще на выпас скоту.

С целью воссоздания естественных условий увлажнения поймы через Волгоградский гидроузел осуществляется регулярное проведение весеннего пуска воды в интересах сельского и рыбного хозяйства. Для более рационального использования всех сельскохозяйственных угодий необходимо создание специальных водопроводящих сооружений с головными насосными станциями на Волге. Они должны обеспечивать интенсивную подачу воды в пойму в течение короткого времени затопления (5-6 суток), а также в послеспадовый период для орошения сельскохозяйственных культур.

В последние годы в пойме обострились экологические и мелиоративные проблемы. В результате водной и ветровой эрозии почва теряет свое плодородие, ухудшались гидрологические условия. Применение минеральных удобрений в больших количествах существенно загрязняет окружающую среду и выращиваемую сельскохозяйственную продукцию. Поэтому особенно важно заранее предусмотреть и предупредить возможные отрицательные последствия.

При энерго-экономической оценке одним из перспективных способов полива считается внутрипочвенное орошение (ВПО). Особенностью его является то, что передвижение влаги в почвогрунтах происходит не сверху вниз, как при других способах орошения, а в радиальных направлениях от оси увлажнителя, в основном снизу вверх - за счет восходящего передвижения влаги. Использование данного способа орошения позволяет создать оптимальный водно-воздушный режим почвы, сохранить её структуру и улучшить аэрацию, обеспечить наиболее благоприятное для растений капиллярное увлажнение почвы.

Экономическая эффективность в орошении определяется с учетом затрат на мелиорацию земель и агротехнику при выращивании сельскохозяйственных культур. Показателями экономической эффективности являются: увеличение стоимости валовой продукции, снижение себестоимости и срока окупаемости, прирост чистого дохода, рост производительности труда и рентабельности.

В расчетах для ВПО при определении оплаты труда на поливе учитывается опыт эксплуатации участков ВПО в России и других странах. Капитальные вложения принимаются с учетом существующих смет на строительство орошаемых участков и с учетом нормативной стоимости строительства систем орошения для объектов разных регионов. Затраты на поливную воду определяются согласно принятому режиму орошения кормовых культур при дождева-

нии и ВПО.

Оплата труда при дождевании больше, чем при ВПО на 50-60 %. Это объясняется тем, что при ВПО такие работы как нарезка и очистка временных оросителей, окашивание каналов, полив дождевальными машинами и др. не требуются. Колебания оплаты труда по различным вариантам ВПО зависят, в основном, от оплаты транспортировки кормовых культур с поля до места выгрузки при различной урожайности. В оплате труда во всех случаях также учитываются доплаты за продукцию, качество и сроки, классность, стаж и др.

Амортизационные отчисления при расчете экономической эффективности возделывания кукурузы и суданской травы на зеленую массу приняты в размере 5 % от стоимости фондов, на дождевальную технику - 14,2 %; расходы на текущий ремонт - соответственно 3 и 8 %. Кроме того, учитываются амортизация и затраты на текущий ремонт при работе сельскохозяйственной техники во время проведения агротехнических мероприятий; при дождевании учитывается также текущий ремонт временных оросителей.

Расходы на горюче-смазочные материалы при использовании машин ДДА-100 МА больше в 3 раза, чем при ВПО, так как значительная часть их расходуется на работу дождевальных машин. Затраты труда при ВПО почти в 2 раза меньше, чем при дождевании. На проведение поливов при дождевании затрачивается в сезон 28 чел/час на 1 га; значительные затраты рабочего времени требуются также на нарезку временных оросителей и уход за ними.

Коэффициент энергетической эффективности, который представляет собой отношение энергии, полученной в хозяйственной части урожая ( $E_{п}$ ), к не расходуемой на производство этого урожая совокупной энергии ( $E$ ), определяется по формуле

$$K_{ээ} = E_{п}/E.$$

В результате расчетов было выявлено, что в структуре затрат совокупной энергии наибольшие (до 70 %) расходы идут на оборотные средства (топливо, удобрения, гербициды, электроэнергию и семена). Наиболее энергоемкими оказались затраты совокупной энергии трудовых ресурсов и основных средств, доля которых в общих затратах энергии на производство люцерны не превышала соответственно 25 и 16 %.

На посевах люцерны второго года жизни коэффициент энергетической эффективности колебался от 2,53 до 2,82 (табл. 1).

На посевах люцерны третьего года жизни был получен урожай меньше, чем второго года, что и привело к уменьшению энергии в урожае. Коэффициент энергетической эффективности при дождевании составил 2,63, при ВПО колебался от 2,51 до 2,63. В среднем коэффициент энергетической эффективности снизился на 9,8 %.

Анализируя данные таблицы 1, необходимо отметить, что с увеличением предполивного порога с 60 до 80 % НВ как по годам исследований, так и в

среднем за три года наблюдается рост затрат совокупной энергии от применения машин и оборудования.

Таблица 1 - Энергетическая оценка возделывания люцерны по вариантам опыта

Предполивная влажность почвы, % НВ	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Содержание энергии в урожае, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
2-й год.			
Дождевание (ДДА – 100МА)			
80	105288,3	281120	2,67
ВПО			
80	104301,3	294925	2,82
70	104039,0	279865	2,69
70	102968,7	261040	2,53
3-й год			
Дождевание (ДДА – 100МА)			
80	104638,2	276100	2,63
ВПО			
80	103993,1	288650	2,77
70	103855,2	276099	2,65
60	102453,7	257725	2,51

Проводимые расчеты по оценке биоэнергетической эффективности возделывания люцерны в Волго-Ахтубинской пойме при различных способах полива показали, что все варианты опытов являются энергосберегающими, так как отношение энергии, накопленной в биомассе урожаев, к затраченной совокупной энергии во всех случаях превышает единицу.

Таким образом, проведенные нами расчеты энерго-экономической эффективности ВПО по фактическим данным и их анализ показывают, что ВПО на современном этапе является высокоэффективным и рентабельным способом орошения. Экономия поливной воды составляет 30-40 %, трудовые затраты снижаются в 1,6 раза, а урожайность кормовых культур повышается на 18-28 % по сравнению с дождеванием (ДДА - 100 МА). Среди изучаемых способов полива люцерны по вариантам опыта самую высокую эффективность имеет ВПО при поддержании предполивного порога влажности не ниже 80 % НВ. При этом коэффициент энергетической эффективности составляет 2,77 - 2,82.

Для экономической оценки эффективности ВПО яблоневого сада нами подсчитаны все затраты на выращивание и получение продукции яблок и капитальные затраты на строительство. При определении материальных затрат себестоимость кубометра воды принята 0,73 р., то есть равна средней себестоимости

мости, которая фактически сложилась на оросительных системах Волгоградской области на начало 2003 года. Урожайность принималась средняя за три года исследований по вариантам опытов. Размер дополнительных капиталовложений на строительство системы внутрипочвенного орошения определялся с учетом цен, типовых норм и тарифных ставок на оплату труда на начало 2003 года. Рассчитанные таким образом капитальные затраты составили 111195,00 рублей. Показатели экономической эффективности внутрипочвенного орошения яблоневого сада приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Экономическая эффективность внутрипочвенного орошения исследуемых сортов яблони в ОАО «Сады Придонья» Волгоградской области (на 1 га)

Сорта	Предполивной порог влажности, % НВ	Урожайность, т	Стоимость валовой продукции, руб.	Себестоимость 1 т, р.	Чистый доход, руб.	Прирост чистого дохода, руб.	Рентабельность, %	$K_{э}$	Срок окупаемости, лет.
Мантет	60	16,0	96000	2393,4	57705,5	30631,6	150,7	0,28	3,6
	Прирост, %	25,6	-	-55,6	53,1	-	59,5	-	-
	70	18,8	112800	2088,1	73544,0	46470,0	187,3	0,41	2,4
	Прирост, %	36,7	-	-78,4	63,2	-	67,4	-	-
	80	17,3	103800	2275,1	64439,9	37366,0	163,7	0,34	3,0
	Прирост, %	31,2	-	-63,7	58,0	-	62,7	-	-
	Контроль	11,9	71400	3724,9	27073,9	-	61,1	-	-
Мелба	60	15,1	90600	2536,1	52305,5	28231,6	136,7	0,25	3,9
	Прирост, %	24,5	-	-53,3	54,0	-	60,3	-	-
	70	17,8	16800	2205,4	67544,0	43470,0	172,1	0,39	2,6
	Прирост, %	36,0	-	-76,3	64,4	-	68,4	-	-
	80	16,7	100200	2356,9	60840,0	36766,1	154,6	0,33	3,0
	Прирост, %	28,7	-	-65,0	60,4	-	64,9	-	-
	Контроль	11,4	68400	3888,3	24073,9	-	54,3	-	-
Оттава	60	14,5	87000	2641,0	48705,5	27031,6	127,2	0,24	4,1
	Прирост, %	24,1	-	-52,3	55,5	-	61,6	-	-
	70	17,0	102000	2309,2	62744,0	41070,1	160,0	0,36	2,7
	Прирост, %	35,3	-	-74,5	65,5	-	69,4	-	-
	80	15,8	94800	2491,1	5544,0	33766,1	140,9	0,30	3,3
	Прирост, %	30,4	-	-61,8	60,9	-	65,3	-	-
	Контроль	11,0	66000	4029,6	21673,9	-	48,9	-	-

Снижение затрат при внутрипочвенном орошении по сравнению с поверхностным поливом обусловлено автоматизацией внутрипочвенного полива, связанной с отсутствием таких производственных операций, как нарезка временных оросителей и борозд. При внутрипочвенном орошении наименьшие затра-

ты на производство продукции отмечены при нижнем пороге влажности почвы 60% НВ, что связано с наименьшей урожайностью.

Технико-экономический эффект орошения яблоневого сада показал, что наибольший экономический эффект на всех исследуемых сортах получен в варианте поддержания влажности почвы не ниже 70 % НВ. Прирост чистого дохода на сорте Мантет составил 46470 руб., Мелба - 43470 руб., сорта Оттава - 41070 руб. Коэффициент экономической эффективности дополнительных капиталовложений в зависимости от сорта составил 0,41; 0,39; 0,36 соответственно. Средний срок окупаемости – 2,6 - 4,1 года.

Проведенные нами по фактическим данным расчеты экономической эффективности ВПО и их анализ показали, что на современном этапе ВПО является высокоэффективным и рентабельным способом орошения. Экономия поливной воды составляет 30-40 %, трудовые затраты снижаются в 1,6 раза, а урожайность сельскохозяйственных культур повышается на 20-50 % по сравнению с дождеванием и поверхностным способом полива.

Внутрипочвенное орошение не требует дополнительной энергии, как это имеет место при поливе дождеванием, гораздо меньше нуждается в дефицитных материалах, таких как металл, и в то же время обеспечивает высокую эффективность труда.

Однако, несмотря на наметившуюся интенсификацию научных исследований и успешно реализованные проекты мелиоративных систем с внутрипочвенным орошением, имеется еще целый ряд нерешенных вопросов, затрудняющих дальнейшее увеличение площадей с этим, несомненно, прогрессивным и экологически безопасным способом полива.

УДК 626.87:33

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

**Н.С. Быстрицкая**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Для мелиорации важны показатели совокупной эффективности, отражающие сумму эффектов, связанных с деятельностью систем водопользования и выходящих за рамки прямых финансовых интересов участников водопользования. При комплексном подходе к оценке эффективности определению подлежат экономический, социальный и экологический эффекты. Определение эффектов сопряжено с большими методологическими и методическими трудностями. Отсутствие методических решений делает необходимым проведение исследований по разработке методов определения разнокачественных видов эффектов. При оценке последствий наиболее значимых воздействий учитываются

последствия:

- для окружающей среды;
- для здоровья и условий жизни человека, включая рекреационные, эстетические, культурные и исторические аспекты;
- экономические для населения и для условий ведения хозяйства в данном регионе.

Из основных показателей последней группы, как наиболее значимые и определяемые, выделяются показатели загрязненности земельных ресурсов, или показатели их качества, а также показатели снижения плодородия почв.

Качественные характеристики используемых водных ресурсов должны найти отражение в цене воды, забираемой из водного источника или подаваемой для использования. Качественные характеристики сбрасываемых вод учитываются платежами за сброс сточных вод и штрафными платежами за содержание загрязняющих веществ в сточных водах.

Интегральным показателем, учитывающим все перечисленные показатели, является показатель деградации почв. Деградация почв в итоге приводит к потерям урожая, которые в экономике водохозяйственных мелиоративных объектов должны учитываться показателями ущерба. Непосредственный экономический ущерб должен быть дополнен показателями экологического и социального ущербов. Следствием экологического ущерба, помимо перечисленного, является потеря почв, а следствием социального ущерба – изменения в структуре сельскохозяйственного производства, ухудшение качества производимой продукции, потеря рабочих мест.

Все платежи и штрафы включаются в систему экономических показателей хозяйственной деятельности и находят отражение в оценке ее эффективности. Учитываются следующие виды эффектов:

- эффект от сокращения затрат в результате лучшего и более полного использования ресурсов;
- эффект от сокращения потерь от нерационального использования ресурсов.

Возможности уменьшения вредного воздействия хозяйственной деятельности включают в себя оценку:

- эффективности предлагаемых специальных природоохранных мер;
- мер защиты населения и территории от опасных воздействий;
- мер по повторному использованию или удалению отходов.

Для обеспечения соответствия намечаемых мероприятий в планируемых хозяйственных программах и проектах основным экологическим законам и принципам и учета их в экономике хозяйствующих объектов предлагаются следующие подходы:

- комплексный учет эксплуатационных затрат всего цикла производства с

учетом платежей за все виды использования ресурсов и компенсации потерь за изымаемые ресурсы;

-определение «экологической цены», то есть текущих и перспективных издержек на мероприятия, обеспечивающие соблюдение экологических норм и требований, экологической ренты и ущербов с учетом сопутствующих потерь;

-определение территориальной, социально-экономической и ресурсной эффективности природоохранных мероприятий.

При комплексном подходе к оценке эффективности определению подлежат:

- экономический эффект;
- социальный эффект;
- социально-экономический эффект;
- экологический эффект;
- интегральный эффект, характеризующийся совокупным итоговым эффектом, включающим в себя экономический, социальный, экологический эффекты.

Определение социального, социально-экономического и интегрального эффектов сопряжено с большими методологическими и методическими трудностями. Отсутствие методических решений делает необходимым проведение исследований по разработке методов определения разнокачественных видов эффектов.

Социальный результат (эффект) может рассматриваться как ресурсный и как фактически реализуемый (потребляемый). При соизмерении социальных результатов (эффектов) следует принимать во внимание проблему фактора времени (в т.ч. и необходимость учета влияния фактора времени на значимость социальных результатов, эффектов, социальных ресурсов, благ) как в отношении производства, так и в отношении их потребления, использования.

Экологический результат (эффект) может определяться на основе обеспечения набора оценочных признаков следующих характеристик со стороны:

- обеспечения требований экологии на уровне предельно-допустимых концентраций, на уровне, перекрывающем предельно-допустимые нормативы;
- обеспечения нормативов природопользования;
- обеспечения нормативов выбросов вредных веществ, загрязнения производственной, природной сферы;
- обеспечения безотходной технологии.

Для упрощения расчетов все разнокачественные коэффициенты приводятся через соответствующие коэффициенты значимости к стоимостным измерителям. Применение указанного способа соизмерения результатов, эффектов предполагает предварительный расчет коэффициентов значимости, что само по себе является довольно сложной проблемой, поскольку предпочтительность тех



или иных социальных или экологических результатов (потребностей) может меняться.

Критерии экологически устойчивого и безопасного функционирования хозяйствующих объектов, учитываемые при оценке экономической эффективности, должны найти отражение в соответствующих показателях для включения их в доходы или расходы и разбиты на три группы:

- допускающие на момент расчета прямую стоимостную оценку;
- внеэкономические результаты, принципиально допускающие прямую стоимостную оценку, но требующие для этого отсутствующих на момент расчета обоснованных методик;
- внеэкономические результаты, принципиально не допускающие стоимостной оценки;

Соответственно, в расчеты эффективности включается прямая или экспертная стоимостная оценка результатов и затрат первой и второй групп. Оценка результатов третьей группы учитывается на уровне лиц, принимающих решения, не суммируясь с экономическими оценками.

К показателям, подлежащим стоимостной оценке, но требующим разработки соответствующих методик, следует отнести показатели ущерба от несоблюдения норм и правил хозяйственной деятельности. Все экологические последствия хозяйственной деятельности можно разделить на четыре группы: первая - прямые потери природных ресурсов, особенно земли и воды; вторая - наносящие определенный ущерб сельскому, рыбному, лесному и охотничьему хозяйству, промышленности и транспорту; третья - ухудшающие естественно-социальную среду общества (рекреационные свойства местности, ее ландшафтную, эстетическую ценность и т.д.); четвертая – нежелательные, опасные изменения экологического равновесия в биосфере, прежде всего, в почвенном покрове и водной среде. Общая величина потерь и ущерба, наносимого отраслям народного хозяйства негативными экологическими последствиями, представляет собой сумму экономических оценок отдельных (основных) видов потерь и ущерба:

Группа факторов социального характера в большей части прямому счету не подлежит и может быть оценена косвенно, либо экспертно. В полном объеме социальный эффект в настоящее время оценить практически невозможно, хотя большинство проявлений социального эффекта тесно связано с воздействием на экономическую эффективность и может иметь стоимостную оценку.

Указанный перечень может быть дополнен в соответствии с разрабатываемыми критериями и ограничениями экологического и социального характера. Экологические стандарты и нормативы устанавливаются в соответствии с составом нормативов, утвержденных государственными организациями. Эти нормативы выступают в форме ограничений в области допустимых вариантов проектов.

Достижение экологических и социальных эффектов обеспечивается системой экономического стимулирования хозяйственной производственной деятельности. Система экономического стимулирования включает:

- платежи за природопользование;
- экологические налоговые льготы (например, снижение налога за применение чистых технологий, за вкладывание средств в охрану природы, за использование отходов);
- стимулирование создания и внедрения прогрессивных (малоотходных и безотходных) технологий;
- субсидии и дотации предприятиям.

Платежи за природопользование, помимо указанной выше их роли, преследуют три следующих цели:

-создание нового источника финансирования природоохранной деятельности;

-стимулирование научно-технического прогресса в охране окружающей среды;

-введение экономических санкций, в том числе превентивных, за нарушение установленных нормативов природопользования.

В оценке последствий хозяйственной деятельности государство не должно выступать одновременно и как собственник, и как пользователь природных ресурсов. Именно как собственник государство осуществляет контроль за рациональным, бережным и экологически безопасным использованием водно-земельных ресурсов пользователями.

УДК 626.87

## **ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СООТВЕТСТВИИ С НОВОЙ РЕДАКЦИЕЙ ВОДНОГО КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**И.Д. Быц**

ФГУ «Акваинфотека», Москва, Россия

С начала 2007 года вступил в действие новый Водный кодекс Российской Федерации. С этим связан ряд нововведений в регулировании водохозяйственной деятельности. Рассмотрим основные.

В новом Водном кодексе РФ впервые законодательно закреплены принципы государственного регулирования водохозяйственной деятельности. Ранее подобные положения содержались только в различных документах (концепциях, стратегиях государственного управления и т.п.), не являвшихся нормативными. В связи с этим использование их при подготовке нормативно-технических и методических материалов по проблемам водного хозяйства не было

обязательным. Всего этих принципов 16. Однако в последующих статьях Кодекса для части из них не приведены механизмы реализации.

Все водные объекты в соответствии с новым Водным кодексом РФ находятся в федеральной собственности. Только пруды и обводненные карьеры могут принадлежать собственникам земельных участков, в пределах которых они находятся. Отчуждение таких водных объектов без отчуждения соответствующих земельных участков не допускается.

Однако юридические и физические лица могут приобретать право пользования водными объектами. Указанное право возникает на основании договора водопользования или решения органа исполнительной власти о предоставлении водного объекта (или его части) в пользование. При этом условия пользования водным объектом по договору водопользования или на основании решения о предоставлении в пользование существенно различаются. При пользовании водным объектом на основании договора водопользования (забор воды из водных объектов, использование акватории, выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях) вносится плата за пользование водным объектом. Другие 11 видов водопользования осуществляются на основании решений органов исполнительной власти о предоставлении водного объекта (или его части) в пользование без внесения платы. Кроме того, еще в 17 случаях пользоваться водным объектом можно без договора и без решения (это, в основном, эпизодическое, нерегулярное водопользование).

Договор водопользования заключается на срок до 20 лет в соответствии с требованиями Гражданского кодекса РФ и с использованием содержащихся в нем положений по аренде. Содержание договора определено ст. 13 Водного кодекса РФ. Заключению договора на использование акватории может предшествовать проведение аукциона в порядке, определяемом Правительством РФ.

Все основные полномочия по регулированию водохозяйственной деятельности на федеральных водных объектах (предоставление водных объектов в пользование по договорам и на основании решений, кроме использования для нужд обороны страны, охрана водных объектов, предотвращение вредного воздействия вод) передаются органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Для финансирования их осуществления в бюджеты субъектов Российской Федерации передаются средства в виде целевых субвенций из федерального бюджета.

Впервые в практике водного законодательства введено понятие бассейнового округа и установлены 20 бассейновых округов. Определено, что бассейновые округа являются основной единицей управления в области использования и охраны водных ресурсов и состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов и морей.

Для разработки рекомендаций по обеспечению рационального использования и охраны водных объектов в пределах бассейновых округов предусмотрено

образование бассейновых советов. Однако указанные советы лишены своей опоры – бассейновых соглашений о рациональном использовании и охране водных ресурсов, разработка которых новой редакцией Водного кодекса РФ, в отличие от предыдущей, не предусмотрена. Рекомендации совета должны реализовываться исключительно через схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов, разработка которых в настоящее время – явление исключительно редкое.

В целях информационного обеспечения комплексного и целевого использования водных ресурсов, их охраны, планирования мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий предусмотрено ведение государственного водного реестра. Установлено, что в него включаются довольно обширный круг документированных сведений о водных объектах, их использовании, о речных бассейнах, о бассейновых округах, водохозяйственных участках, договорах водопользования и решениях о предоставлении водных объектов в пользование, о переходе прав пользования, о водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах, о водохозяйственных системах и гидротехнических сооружениях.

Предусмотрена разработка целевых показателей качества вод с учетом природных особенностей речного бассейна. Принятие этого положения является прогрессивным нововведением, позволяющим более гибко подходить к нормированию качества воды с учетом условий целевого использования водных объектов, расположенных в границах речного бассейна. Предусмотрено также установление (на основании предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ) нормативов допустимого воздействия на водные объекты, которые должны учитываться при определении санитарных условий спуска сточных вод в водные объекты.

Государственный контроль за использованием и охраной водных ресурсов предусмотрен на федеральном и региональном уровнях. Критерии отнесения водных объектов к объектам, подлежащим государственному федеральному и государственному региональному контролю определяются постановлением Правительства Российской Федерации. На основании указанных критериев федеральными органами исполнительной власти и органами власти субъектов Российской Федерации составляются конкретные перечни водных объектов, подлежащих федеральному и региональному контролю за использованием и охраной водных ресурсов.

Размеры водоохранных зон и прибрежных защитных полос регулируются непосредственно Водным кодексом РФ, а не постановлением Правительства РФ. В отличие от прежнего Водного кодекса РФ, в пределах водоохранных зон разрешено строительство хозяйственных и других объектов, не связанных непосредственно с использованием водным объектом.

Утвержден перечень нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации, которые должны быть приняты в развитие Водного кодекса Российской Федерации. Всего в перечне их 24. К настоящему времени основная часть документов принята. Важной задачей в настоящее время является завершение работы над порядком утверждения целевых показателей качества воды, порядком ведения государственного водного реестра, порядком подготовки и заключения договора водопользования по результатам аукциона, включая перечень видов водопользования.

УДК 626.87:33

## **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕССИЙ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ**

**А.В. Давыдов**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В настоящее время применяемые механизмы государственного регулирования социально-экономического развития страны формируют наибольшую инвестиционную привлекательность отраслей, ориентированных на добычу минерального сырья, в то время как другие отрасли, к которым относится и водное хозяйство, испытывают острый недостаток инвестиционных ресурсов. Одним из основных недостатков сложившейся системы финансирования водного хозяйства является то, что оно почти полностью осуществляется за счет бюджетных средств. В этой связи мало внимания уделяется разработке современных механизмов привлечения внебюджетных источников финансирования.

Современная недостаточность участия предприятий, использующих водные ресурсы, в финансировании водохозяйственных мероприятий позволяет сделать вывод о необходимости реализации системы взаимосвязанных мер по стимулированию привлечения собственных и внешних финансовых ресурсов предприятий для решения задач комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Система предоставления водного объекта в пользование имеет множество недостатков, в связи с чем назревает необходимость перехода на коммерческие (контрактные) отношения между государством, как собственником водных объектов, и водопользователями. На сегодняшний день используются такие механизмы привлечения необходимых финансовых ресурсов, как банковское кредитование, эмиссия ценных бумаг, применение лизинга, развитие рынка водосервисных услуг и экологического страхования и т.д. Одной из прогрессивных форм государственно-частного партнерства во всем мире является концессионный договор (контракт).

Использование концессий в российской практике обусловлено следующими предпосылками: во-первых, в обозримом будущем без массивных прямых инвестиций России не суждено возродиться экономически, во-вторых, основу таких инвестиций могут составить только частные капиталовложения, и, в-третьих, без притока иностранных инвестиций нельзя обеспечить полноценное развитие экономики.

Для привлечения прямых инвестиций с целью создания в России предпосылок экономического роста необходимо ускоренное формирование правовой базы. Не всякая государственная собственность может быть приватизирована (например, недра находятся в государственной собственности), а подчас с ее приватизацией не стоит торопиться. Вместе с тем, пока она остается государственной, остро стоит вопрос о форме эффективного управляющего. Если у государства есть имущественные права, ими нужно умело распоряжаться, приглашая управляющих на конкретных условиях, определенных государственным правом.

Принятие закона об инвестиционных договорах государства имеет принципиальное значение для эффективного управления государственной собственностью в разных отраслях экономики, в том числе и в водном хозяйстве, под контролем государства без передачи ее в частную собственность.

В дореволюционной и в Советской России в ранний период ее существования заметную роль в хозяйственном развитии сыграли иностранные концессии. Концессии в тот период широко использовались во многих отраслях экономики: в обрабатывающей и добывающей промышленности, сельском хозяйстве, железнодорожном строительстве и т.п. Из этого не следует, однако, что принцип договоренности государства с частным инвестором может и должен распространяться только на иностранный капитал.

До последнего времени согласно положениям Водного кодекса 1995 года, на осуществление водохозяйственной деятельности водопользователь сначала получал лицензию, а затем заключал с государством договор пользования водным объектом. Лицензия на водопользование являлась документом, удостоверявшим одновременно с договором пользования водным объектом право ее владельца на пользование водным объектом или его частью в определенных границах для указанной цели в течение установленного срока. В ней фиксировались конкретные условия потребления водных ресурсов и использования водных объектов. Лицензия выполняла функции учета и контроля использования водных объектов и распоряжения ими после ее получения. Через нее реализовался принцип «прозрачности» водопользователя для структур, ответственных за управление водохозяйственной деятельностью в бассейне реки, так как неотъемлемой частью лицензии являлись документы, характеризующие водохозяйственную деятельность предприятия.

Преобладание лицензионных начал в порядке предоставления водных объектов в пользование обусловлено, в первую очередь, высокой социальной значимостью водных объектов и заинтересованностью государства и общества в их надлежащем использовании и охране. Но порядок предоставления водных объектов в пользование представляется чрезмерно громоздким и неудобным в практическом применении, что предопределяет необходимость разработки более совершенных экономико-правовых механизмов. В условиях перехода к рыночной экономике такими механизмами могут являться контрактные отношения с привлечением частного сектора.

Однако существует и альтернативное мнение, которое не следует игнорировать, согласно которому внедрение в водное хозяйство отношений государства с бизнесом может спровоцировать злоупотребление частным партнером своими правами. Кроме того, контрактные отношения в отличие от лицензионных ограничивают права государства как собственника водных объектов и контролера деятельности партнера. К примеру, при установлении факта нарушения каких-либо положений контракта государство может воздействовать на частного партнера только через суд. А в случае лицензионно-разрешительных отношений государство лишало лицензии водопользователя. Тем не менее, строго правовая регулирующая функция государства сохраняется и при контрактных отношениях.

Согласно новому Водному кодексу (2007 г.), предоставление водных объектов в пользование осуществляется на основании договора водопользования или решения о предоставлении водного объекта в пользование.

Концессия предполагает иной экономико-правовой характер водных отношений. Заключая контракт с водопользователем (частным лицом), государство уступает ему право осуществления отдельного вида деятельности, связанного с использованием водного объекта. При этом в качестве предмета договора водопользования следует рассматривать передачу собственником (Российской Федерацией, субъектом РФ) комплекса исключительных (монопольных) прав на осуществление определенного вида деятельности, связанной с использованием водного объекта, а не самого объекта или его части в пользование. Границы свободы концессионера закрепляются в концессионных договорах и не могут быть изменены в худшую сторону в течение всего срока концессии. А сроки концессий обычно составляют десятки лет.

Концессия, объединяя элементы договоров аренды, подряда, франчайзинга и инвестиционного соглашения, позволяет рационально учесть самый широкий спектр интересов государства и частного партнера.

К положительным моментам концессионной формы отношений в сфере водопользования можно отнести:

- расширение существующего порядка лицензирования водопользования путем создания гражданско-правовой системы отношений, основанной на рав-

ноправии концессионера и концедента (государства, муниципального образования);

- привлечение в водное хозяйство частных инвестиций как российского, так и иностранного происхождения;
- создание широкого круга эффективных пользователей водных ресурсов и т.д.

Концессия должна выдаваться на определенный срок, на конкурсной основе с гарантией соблюдения концессионером норм и правил пользования водным объектом. Концессия может быть выдана предприятию, организации или создаваемому на ее базе акционерному обществу. В последнем варианте возможно участие государства с привлечением, также на конкурсной основе, зарубежных инвесторов.

Водные объекты (в т.ч. находящиеся в них водные ресурсы) и управление ими не продаются, а именно сдаются в долгосрочную аренду, т.е. частная собственность на водные объекты не допускается. Таким образом, предметом и одним из отличительных признаков концессии является государственная или муниципальная собственность, а также вид хозяйственной деятельности, на который распространяется монополия государства. Иными словами, под концессией понимается акт, посредством которого государство наделяет частное лицо правом участвовать в осуществлении некоторых из своих функций в хозяйственной сфере.

Это не просто контракт госпредприятия и частника, типа договора об аренде. Это соглашение, особенность которого состоит в том, что государство выступает сразу в двух ипостасях: как договаривающаяся сторона и как гарант соблюдения всех пунктов соглашения. В отличие от ранее действующей лицензионной системы, являющейся всего лишь правовым инструментом предоставления пользовательских прав, договор концессии подразумевает согласование всех условий, в которых инвестору придется работать.

Регулировать организационные, экономические и правовые условия сдачи в долгосрочную аренду инвесторам природных ресурсов и государственной собственности на основе заключения специальных концессионных и других договоров и установления механизма их реализации должен Закон о концессиях. Решение этих вопросов связано не только с внесением поправок в действующее законодательство, но и с разработкой новых федеральных законов и нормативно-правовых актов, повышающих инвестиционную привлекательность водохозяйственного комплекса.

На первый взгляд концессионная система выглядит вполне разумной. Однако реализация этой идеи на практике таит в себе много «подводных камней», из-за которых она может не только не улучшить, но даже ухудшить ныне действующую систему пользования государственным имуществом. Например,



предложение переоформить все лицензии в концессии на деле может оказаться простым переделом собственности.

И общее возражение против системы договорных отношений, в какой бы сфере они ни применялись, в том числе и в водном хозяйстве, касается положения, согласно которому на протяжении всего срока действия контракта условия его изменяться не могут. Если учесть нестабильность российского законодательства, например налогового, то это требование может оказаться попросту нереальным. Налоговая система меняется постоянно, и на протяжении пятидесяти лет все условия концессионного договора могут не сохраниться. В этом случае договор будет противоречить Налоговому кодексу.

Помимо законов для реализации контрактных отношений между государством и частным сектором в водопользовании также необходима разработка системы управления и системы регулирования деятельности концессионных предприятий.

Практическая реализация договорных отношений в водопользовании требует решения многих вопросов, касающихся российской экономики в целом. Среди многих можно назвать проблемы кредитования предприятий, коррупционной деятельности и т. д. Однако, при грамотной разработке соответствующих нормативно-правовых актов, усилении функции государственного управления, привлечении высококвалифицированных кадров в вопросах государственно-частного партнерства, а также при улучшении инвестиционного климата и финансовой системы России, такая форма отношений позволит значительно улучшить существующее состояние водного хозяйства страны и развить водохозяйственную деятельность предприятий-водопользователей.

УДК 658

## **РАЗВИТИЕ ПРАВОВЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ПЛАТНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**О.И. Исаев**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Вопрос платности водопользования тесно связан с изменениями законодательного регулирования водохозяйственной деятельности.

В советском государстве несколько раз предпринимались попытки введения платного водопользования (система водных сборов в 1920-х, плата за воду для оросительных систем (1950-е), создание единой государственной методики оценки природных вод (1969)). Впервые законодательно плата за пользование поверхностными водными объектами была введена в 1982 году. Основанием для введения платы стала необходимость возмещения издержек народного хозяйства на обеспечение потребителей водными ресурсами и стимулирование

сокращения водопотребления. Плата вводилась по тарифам, представленным Минводхозом СССР и утвержденным Постановлением Госкомцен СССР от 14.04.1981 г. №377. Тарифы устанавливались за забор воды из поверхностных источников, рассматривавшихся как водохозяйственные системы. В основу расчета были заложены затраты на: общегосударственные мероприятия по оценке, охране и изучению водных ресурсов; эксплуатацию водохозяйственных объектов, обеспечивающих пользователей водой в необходимом объеме; обеспечение расширенного воспроизводства водных ресурсов.

Тарифы дифференцировались по водохозяйственным системам от 0,1 до 2,72 коп./м<sup>3</sup> (средний тариф - 0,64 коп./м<sup>3</sup>). Минимальный тариф относился к рекам и озерам северных и восточных районов страны, максимальный — к бассейнам Черного и Азовского морей. Плательщиками выступали только промышленные предприятия, имевшие самостоятельный баланс и расчетный счет в банке. Платежи за воду поступали в бюджет. Введение тарифов на воду из поверхностных источников превратило водные ресурсы для потребителей в покупное сырье и тем самым стимулировало их экономное использование.

В 1984 г. была установлена плата за забор воды и из подземных источников (Постановление Госкомцен СССР от 22.02.83 г. №143-а). Тарифы рассчитывались и устанавливались в разрезе республик по административным областям для тех же категорий плательщиков и по тем же принципам. Средняя величина тарифа составляла 2 коп. (от 0,4 до 13,4 коп.) за 1 м<sup>3</sup>. В тариф была включена ставка возмещения затрат на геологоразведочные работы.

Среди недостатков установленного порядка сбора платежей за водные ресурсы можно отметить: малую величину платы, узкий круг плательщиков, бюджетную направленность сборов, которая разрывала связь между платностью водопользования и инвестициями в развитие водного хозяйства, и отсутствие учета качества используемых ресурсов при установлении ставки платежей. Тем не менее, введенные тарифы были шагом вперед в сфере экономики водопользования. Однако уже к началу осуществления экономических реформ в Российской Федерации стало ясно, что данный экономический инструмент требует существенной переработки.

Заложенный в методических разработках периодический пересмотр тарифов в целях обеспечения их соответствия изменяющейся водохозяйственной ситуации был осуществлен только через 10 лет. Постановлением Совета Министров СССР №1980 от 20.10.1990 был введен с 1 января 1991 прејскурант 03-03 «Тарифы на воду, забираемую из водохозяйственных систем». Принципы расчета и установления тарифов остались практически неизменными. К нововведениям следует отнести корректировку тарифов с помощью коэффициентов, учитывающих дефицит водных ресурсов, а также введение дополнительного платежа за безвозвратное водопотребление с коэффициентом, равным 1,25 к установленному тарифу. Изменения относились в основном к величине тари-

фов. Средняя величина тарифа для поверхностных источников составила 1,15 коп./м<sup>3</sup>, с учетом дефицита - 1,56 коп./м<sup>3</sup>, для подземных вод, соответственно - 2 коп./м<sup>3</sup> и 2,75 коп./м<sup>3</sup>. В круг плательщиков были включены системы коммунального водоснабжения. Изменилась несколько направленность платежей - 50% поступлений направлялись в республиканский бюджет (позднее вся сумма стала зачисляться в бюджет административной единицы, к которой относилась предприятие).

К недостаткам системы тарификации следует отнести неполный учет видов использования водных объектов, узкий круг плательщиков. Инфляция практически свела на нет эффективность данного вида экономического регулирования водных отношений. Таким образом, в условиях перехода к рыночной экономике сфера водопользования оказалась без эффективного экономического механизма, регулирующего водные отношения, стимулирующего рациональное водопользование и обеспечивающего финансирование деятельности по восстановлению и охране водных объектов.

Значительные изменения были внесены в порядок установления и взимания платежей Водным Кодексом РФ 1995 г. и закреплены Федеральным Законом «О плате за пользование водными объектами». В соответствии с этим документом плательщиками признавались все организации, осуществлявшие пользование водными объектами с применением сооружений, технических средств, устройств и подлежащее лицензированию.

Водным кодексом РФ предусматривалось два вида платежей: плата за пользование водными объектами и плата, направляемая на восстановление и охрану водных объектов. Предельные размеры платы, связанной с использованием водными объектами, устанавливались законодательством РФ, а органами исполнительной власти субъектов РФ осуществлялась дифференциация платы в установленных пределах. По экономической сущности плата за пользование водными объектами представляет собой ренту, взимаемую государством как их собственником. Эти средства направлялись в доходы федерального бюджета (40 %) и бюджетов субъектов РФ (60 %). Плата, направляемая на восстановление и охрану водных объектов, представляла собой компенсацию затрат на содержание водохозяйственных сооружений, осуществление мероприятий по восстановлению и охране водных объектов и защите окружающей среды от вредного воздействия вод. Полученные средства распределялись между федеральным бюджетом и бюджетами субъектов РФ в той же пропорции, что и по первому виду платежа, но расходоваться должны были по целевому назначению.

В соответствии с Законом РФ "Об основах налоговой системы в РФ", плата за воду относилась к региональным налогам, устанавливалась законодательными актами РФ и взималась на всей ее территории. Порядок взимания платежей устанавливался Министерством финансов РФ. Конкретные ставки платы

определялись органами власти соответствующих субъектов РФ. Плательщиками признавались промышленные предприятия независимо от форм собственности, состоявшие на хозяйственном расчете, имевшие самостоятельный баланс и являвшиеся юридическими лицами.

В 2004 году в бюджетном послании Президента РФ Федеральному Собранию были особо отмечены изменения, на тот момент готовившиеся в водном законодательстве, которые «должны были предусматривать установление системы платежей за пользование природными ресурсами, способствующей их рациональному использованию». Особо Президентом было отмечено, что размер платежей должен был быть адекватен реальной стоимости водных ресурсов.

Попыткой развития системы платного водопользования стал принятый в июле 2004 года ФЗ «О водном налоге», который вводил с 2005 года в действие Главу 25.2 «Водный налог» Налогового кодекса РФ. По сравнению с ранее существовавшим правовым регулированием произошли существенные изменения:

1. Плата за воду квалифицировалась как налог.
2. Расширялся круг плательщиков - потребителей водных ресурсов: с 1 января 2005 года – это все юридические и физические лица, осуществляющие специальное и особое водопользование.
3. Изменялся перечень оснований для уплаты налога: плата стала взиматься как за специальное, так и за особое водопользование.

Авторы изменений в законодательстве изначально рассматривали водный налог в качестве рентного платежа, однако, в процессе доработки основные положения закона изменились и во многом повторили формулировки ФЗ «О плате за пользование водными ресурсами» от 1998 года с незначительными изменениями и повышением ставок платы.

В настоящее время объектами налогообложения в соответствии с законодательством признаются (табл. 1): забор воды из водных объектов; использование акватории водных объектов, за исключением лесосплава в плотках и кошелях; использование водных объектов без забора воды для целей гидроэнергетики; использование водных объектов для целей лесосплава в плотках и кошелях. Забор воды из водных объектов для орошения земель сельскохозяйственного назначения и некоторые другие виды использования водных ресурсов не облагаются налогом на воду. Сборы от налога на воду идут в федеральный бюджет.

По каждому виду водопользования, признаваемому объектом налогообложения, налоговая база определяется налогоплательщиком отдельно в отношении каждого водного объекта и применительно к каждой налоговой ставке. При заборе воды налоговая база определяется как объем воды, забранной из водного объекта за налоговый период – квартал.

Порядок исчисления и применения нормативов платы за использование природных ресурсов определяется Правительством РФ. Внесение платы за ис-

пользование природных ресурсов не освобождает природопользователя от выполнения мероприятий по охране окружающей природной среды и возмещения вреда, причиненного экологическим правонарушением.

Таблица 1 - Изменение ставок платежей по отраслям НХ в связи с переходом к налогу на воду

Объект платы	Единица измерения	Плата за пользование водными объектами (2003-2004)	Водный налог (2005-2006)
Забор воды из водных объектов:			
поверхностных	руб./1000 м <sup>3</sup>	172	295
подземных	руб./1000 м <sup>3</sup>	217	373
для водоснабжения населения	руб./1000 м <sup>3</sup>	60	70
морей	руб./1000 м <sup>3</sup>	3,8	8,3
Использование водных объектов для получения ГЭС электроэнергии	руб./1000 кВт-ч	12,3	11,7
Использование акватории водных объектов	тыс. руб./км <sup>2</sup>	17,6	31,5
Сплав древесины	руб./1000 м <sup>3</sup> на 100 км	878	1575,6

Стоит отметить, что ставки водного налога для гидроэнергетики были уменьшены.

С 2007 года экономические водные отношения регулируются Водным кодексом Российской Федерации от 03.06.2006 №74-ФЗ и принятым в соответствии с ним постановлением Правительства РФ «О ставках платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности, порядке расчета и взимания такой платы». Среди отличий нового Водного Кодекса следует отметить, что лицензирование водопользования не предусматривается, оно сохранено ФЗ для использования подземных водных объектов, пользования водными объектами в связи с охотой и водными объектами, содержащими природные лечебные ресурсы.

Ставки платы за пользование водными объектами, порядок ее расчета и взимания устанавливаются в зависимости от разграничения государственной собственности на водные объекты между РФ, ее субъектами и муниципальными образованиями. Их право собственности на водные объекты определяется исходя из права собственности на земельные участки, в границах которых расположены водные объекты.

Таким образом, существующие платежи за воду (водный налог) хотя и носят рентный характер, в реальности не позволяют государству компенсировать

значительные водохозяйственные затраты. Платежи в форме налога поступают в федеральный бюджет и, таким образом, прямые финансовые отношения между потребителем и водохозяйственной организацией - поставщиком ресурса отсутствуют. При налоговой форме взимания платежа, плата за водные ресурсы не может служить базой для инвестиций в водное хозяйство конкретного района. Представляется необходимым дальнейшее совершенствование нормативно правовой базы в области рационального использования водных ресурсов. Главное - необходимо совершенствование системы управления водохозяйственным комплексом, основанное на внедрении эффективного экономического механизма водных отношений и прямых коммерческих отношениях между поставщиками и потребителями водных ресурсов.

Как показывает опыт зарубежных стран, водное законодательство, формирующее необходимое правовое поле, должно формироваться поэтапно. Введение платного водопользования еще не означает внедрения эффективных механизмов межхозяйственного взаимодействия среди пользователей водных ресурсов и государством.

Необходимо пересмотреть систему распределения средств от налога на воду в пользу водохозяйственных предприятий, непосредственно участвующих в подготовке водных ресурсов для определенного плательщика. Государство, являясь собственником водных ресурсов, вправе претендовать на получение дополнительной прибыли от таких крупных водопользователей, какими являются гидроэнергетика, орошаемое земледелие, водный транспорт, рекреация на водных объектах, рыбное хозяйство и других. При этом дополнительная прибыль или рента возникают на основе различной водообеспеченности речных бассейнов и регионов, а также разного качества вод, в привязке к конкретным водопотребителям и водопользователям. Такой подход позволит не только увеличить доходы бюджета, но и повысить сбалансированность развития разных отраслей народного хозяйства. Заблаговременное информирование потребителей об изменении ставок платежей за воду (и порядка их начисления) позволит предприятиям своевременно спланировать внедрение новых технологий и инвестиционный план по сокращению потерь водных ресурсов.

УДК 631.675 + 338.5

## **КОНЦЕПЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

**А.В. Колганов**

Представительство Президента РФ в ЮФО, Москва, Россия;

**Т.Н. Антипова, В.А. Коновалова**

Московский институт коммунального хозяйства и строительства, Москва, Россия

Развитие сельского хозяйства в России, в том числе устойчивое производство растениеводческой продукции является государственным приоритетным

направлением и гарантом обеспечения продовольственной безопасности страны.

По данным академика И.Г. Ушачева продовольственная безопасность России считается обеспеченной, если доля отечественной продукции составляет: зерна не менее -90%, сахара-60, растительного масла – 70, молока и мяса – 80%.

За последние годы среднегодовой объем отечественного производства сельскохозяйственной продукции ниже предела оценки состояния продовольственной безопасности, что привело к ухудшению питания населения как по сравнению с развитыми странами, так и с рекомендуемыми медицинскими нормами (например, по молоку и мясу примерно в 2 раза).

Несмотря на то, что России обладает огромным природным, ресурсным и интеллектуальным потенциалом, идея национальной самообеспеченности подвергается сомнению, что связано не только с недостатком средств, но и с определенной позицией ряда политиков и ученых, ставящих под сомнение весь положительный опыт развития отечественного земледелия, и в том числе орошаемого.

Орошаемые земли во всем мире являются «золотым» фондом страны, обеспечивающим гарантированное производство растениеводческой продукции.

Площади орошаемых земель в РФ с 6,2 млн. га в 1990 году снизились к 2005 году до 4,5 млн. га. Сельскохозяйственная техника, оросительные системы, насосно-силовое оборудование, коммуникации и др. требуют ремонта и обновления. Количество вносимых минеральных удобрений в стране сократилось в период 1990-2005 гг. более, чем в 5 раз и сегодня не превышает 20 кг.д.в/га. При этом, например, в Великобритании, Японии и Германии в среднем стабильно вносится не менее 300 кг д.в./га минеральных удобрений.

До настоящего времени в экономике сельского хозяйства СССР и России преобладала концепция **минимизации затрат** ресурсов в расчете на гектар. Экономически оправданной интенсификация считалась тогда, когда рост продукции происходит быстрее, чем рост затрат на ее производство. Именно на основе приведенного теоретического положения и, якобы экономически не оправданного увеличения затрат на единицу орошаемой площади, без учета природно-климатических особенностей регионов и биологических особенностей конкретных сельскохозяйственных культур были сделаны практические выводы о неэффективности мелиорации и сельского хозяйства в целом.

В развитых странах с середины 70-х годов реализовывалась принципиально иная концепция развития сельского хозяйства, сочетающая передовые интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, требующие увеличения затрат ресурсов и государственной поддержки сельхозпроизводителей.

Анализ зарубежного опыта показал, что в развитых странах для повышения урожайности (в 2 и более раз) были разработаны и применены интенсивные технологии, потребовавшие многократного увеличения затрат всех необходимых ресурсов на единицу возделываемой площади. Затраты на удобрения выросли в 4 раза, топливо - в 24,5 раза, на орошение - в 2 раза; расходы на сельскохозяйственные машины возросли в 11,6 раз. Это – цена «зеленой революции» за рубежом. В настоящее время государственная поддержка аграрного сектора в зарубежных странах достаточно высока и составляет от стоимости производимой фермерами продукции: в странах ЕС - 48%, в Финляндии - 70%, Канаде - 41 %, Японии - 68%, США - 30%

Таким образом, опираясь на зарубежный опыт, можно утверждать, что для успешного развития агропромышленного комплекса России требуется вложение значительных денежных средств, энергетических, материальных и трудовых ресурсов, но именно это и вызывает неприятие, прежде всего у экономистов.

Развитие сельского хозяйства в России должно осуществляться на основе принципиально новой концепции, включающей следующие основные положения:

1. Необходимо на государственном уровне сформулировать и законодательно закрепить следующие цели:

– получение отечественной сельскохозяйственной продукции в объемах, гарантирующих продовольственную безопасность страны;

– сохранение и повышение плодородия почв;

– обеспечение экологической устойчивости агроландшафтов.

2. Реализация поставленных целей невозможна без использования интенсивных зональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Суть интенсивных технологий – это мобилизация всех факторов и выявление эффекта суммации, позволяющих повысить урожайность сельскохозяйственных культур и добиться снижения себестоимости продукции.

3. Оптимизация затрат материальных, энергетических и трудовых ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур, в том числе на орошаемых землях, как важнейший элемент стратегии развития АПК.

Оптимизация подразумевает использование такого количества ресурсов, которое обеспечивает максимальную урожайность или минимальную себестоимость продукции при обязательном учете экологических требований, в том числе по сохранению плодородия почв\*.

---

\* Представленное определение оптимизации противоречит современным принципам выбора уровня проектной (плановой) урожайности с.-х. культур в первом случае, и не корректно, без дополнительных ограничений, во втором, так как минимальная себестоимость продукции может обеспечиваться снижением или полным исключением затрат каких-либо ресурсов и задача сведется к минимизации затрат ресурсов. Отсутствие формализованной постановки задачи затрудняет понимание как здесь, так и далее по тексту, концепции оптимизации затрат ресурсов, предлагаемой авторами. (Прим. ред.)



Минимизация ресурсов при разработке и реализации технологий возделывания - это стратегически неверный путь. Однако разработка и внедрения ресурсосберегающих технологий не теряет актуальности при условии, что их применение не ведет к снижению уровня урожайности и потере плодородия почв.

4. Обеспечение экологически чистой сельскохозяйственной продукции и применение экологически обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых и неорошаемых землях.

Обоснование экологически безопасной деятельности, в том числе мелиоративной должно основываться на изучении закономерностей природно-мелиоративных процессов, и в том числе балансах воды и веществ во всех элементах агроландшафтов.

5. Одним из главных условий реализации поставленных целей на всех уровнях управления является создание оптимальной, доступной для сельхозпроизводителей, ресурсной базы.

Ресурсная база – это совокупность материальных (семена, удобрения, химикаты, вода), энергетических (электроэнергия, горюче-смазочные материалы) и трудовых ресурсов, машин и механизмов, наличие и использование которых позволит обеспечить производство растениеводческой продукции в хозяйстве, области, крае, республике, регионе.

6. Для детальной оценки эффективности и планирования вложения ресурсов необходима разработка и организация мониторинга наличия и потребления ресурсов на орошаемых и неорошаемых землях.

Реализация данных положений концепции должна осуществляться с учетом иерархического подхода - административной иерархии, иерархии природных объектов мелиорации, иерархии технических систем.

### **Интенсивные зональные технологии возделывания**

Проведенные нами исследования показали, что урожайность сельскохозяйственных культур зависит от различного вида ресурсов, вложенных при их возделывании. Эти зависимости имеют принципиальные отличия для различных культур, орошаемых и неорошаемых севооборотов, различаются также по регионам возделывания. Можно выделить виды ресурсов, оказывающих наибольшее влияние на урожай; в засушливой зоне – это орошение, минеральные и органические удобрения

Выявлены закономерности совместного применения орошения и интенсивных зональных технологий. Установлено, что наибольший синергетический эффект и следовательно качественный скачок урожайности может быть получен при сочетании орошения и минеральных удобрений.

Достигнуть стабильно высокого уровня урожайности на орошении можно только при достаточной норме внесения удобрений – например, не ниже 240-

260 для кукурузы и 150-180 кг/га для озимой пшеницы. Вносимые в последнее десятилетие по низким нормам минеральные и органические удобрения привели не только к потере урожайности, но и к снижению почвенного плодородия, потере устойчивости получения продукции, снижению отдачи от удобрений и орошения.

Для предотвращения возможных негативных экологических последствий применения высоких норм минеральных и органических удобрений необходимо введение и строгое соблюдение ограничений антропогенной нагрузки на агроландшафты, обоснование которых зависит от уровня рассматриваемой природной и хозяйственной иерархии.

### **Оптимизация затрат ресурсов**

В России с начала перестройки до настоящего времени фактически произошел переход от системы интенсивного земледелия к экстенсивному, требующему меньших затрат ресурсов в расчете на гектар. При этом для получения определенного валового сбора продукции необходимо увеличение возделываемых площадей. Проведенные нами исследования доказали, что «неразумная экономия» ресурсов приводит к увеличению себестоимости. Так, например, внесение низких доз минеральных удобрений на орошаемых землях приводит к увеличению себестоимости продукции в 1,5 – 2 раза.

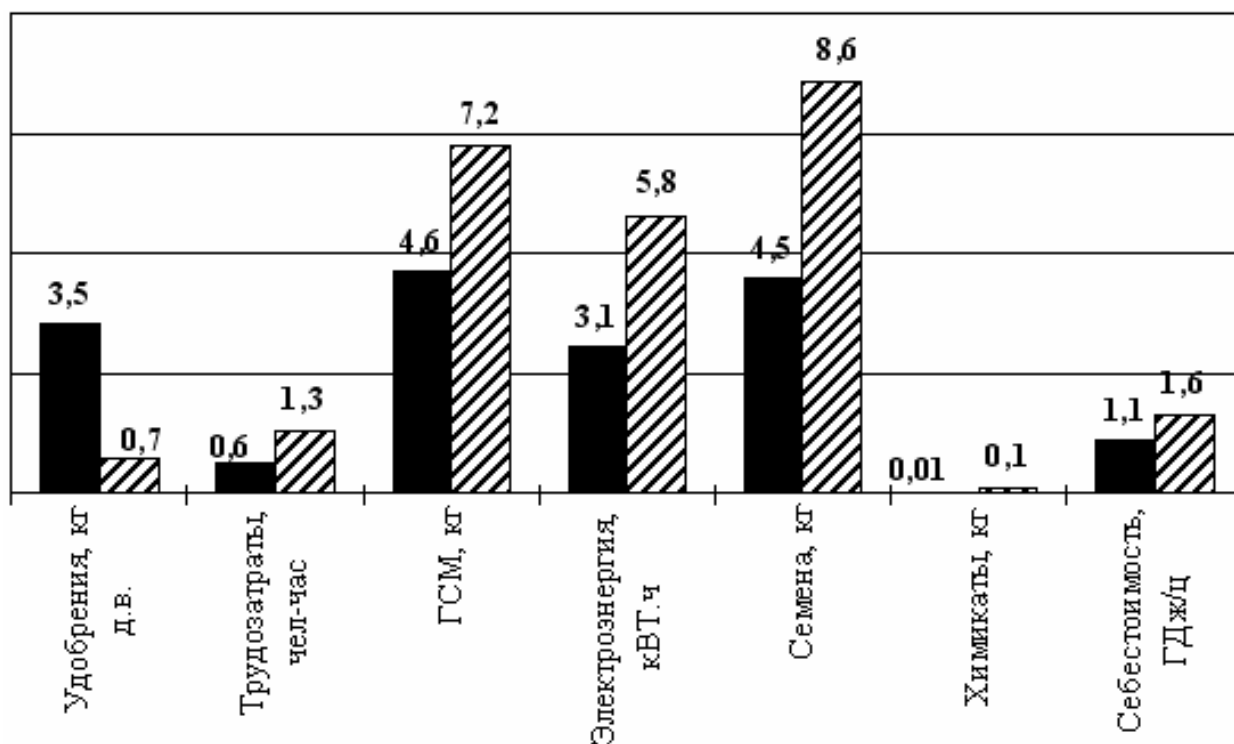
Таким образом, стремление к минимизации затрат на возделывание сельскохозяйственных культур (в расчете на гектар) является, с нашей точки зрения, теоретической ошибкой. Необходим принципиально новый теоретический подход к решению задач повышения эффективности сельского хозяйства на современном этапе, в основе которого лежит принцип **оптимизации затрат ресурсов**.

В основе оптимизации лежат регрессионные зависимости. Концепция оптимизации затрат ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур основывается на многокритериальном подходе и позволяет максимизировать урожайность сельскохозяйственных культур или минимизировать их себестоимость при обязательном учете экологических ограничений.

Проведенные нами многолетние исследования позволили разработать практические рекомендации по оптимизации затрат материальных, энергетических и трудовых ресурсов для возделывания сельскохозяйственных культур в Волгоградской и Ростовской областях. Разработанный подход основан на достижении целей ресурсосбережения не путем минимизации их затрат в расчете на гектар, а их оптимизации по элементам технологий возделывания, структурам посевных площадей и площади орошаемого клина в хозяйствах, областях, регионах.

Например, применение оптимальных оросительных норм и норм внесения минеральных удобрений в Ростовской области при возделывании озимой пше-

ницы позволило не только получать высокие и устойчивые урожаи, но и снизить себестоимость продукции и достичь экономии материальных и энергетических ресурсов на единицу продукции (рис. 1).



- оптимальная норма NPK – 190 кг.д.в./га, урожайность 53,7 ц/г;
- ▨ норма NPK, вносимая сегодня – 20 кг д.в./га, урожайность 28 ц/га

Рисунок 1 - Затраты ресурсов в расчете на 1 центнер орошаемой озимой пшеницы при различных нормах внесения удобрений

### Ресурсная база производства сельскохозяйственной продукции

Доступность ресурсной базы, ее количественные и качественные характеристики являются важной составляющей стабильного получения сельскохозяйственной продукции, в том числе на орошаемых землях.

Формирование оптимальной ресурсной базы должно осуществляться на основании рассчитанных оптимальных затрат ресурсов с учетом всех технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур, как в натуральном, так и в денежном выражении.

Расчет в натуральных величинах позволяет:

- объективно оценить уровень затрат на единицу площади и продукции в различных регионах России;
- обосновать затраты ресурсов в масштабах хозяйства, области, края, республики, обеспечивающие соблюдение интенсивных технологий возделывания;
- избежать ошибок, связанных с инфляцией и диспаритетом цен.

Финансовая поддержка сельхозпроизводителей, в том числе за счет дота-

ций, компенсаций, механизмов кредитования для своевременного приобретения минеральных удобрений, горюче-смазочных материалов, химикатов, электроэнергии, семян, машин и механизмов, выплате достойной заработной платы, обеспечит доступность ресурсной базы.

Вопрос дотаций и компенсаций сельхозпроизводителям необходимо решать с учетом проблемы соотношения объемов государственной поддержки между федеральным центром и регионами, а также с учетом возможного вступления нашей страны в ВТО и частными инвестициями в сельское хозяйство.

### **Мониторинг наличия и потребления ресурсов**

Недостаток или полное отсутствие информации по реальному расходованию ресурсов не дает возможности для составления ресурсных балансов и сравнения реального уровня затрат ресурсов с оптимальным.

Создание мониторинга потребления ресурсов на каждом уровне управления позволит: вести строгий учет и контроль использованных ресурсов в АПК; упростить, повысить обоснованность и информационно обеспечить процесс принятия долгосрочных и оперативных решений и планирование требуемых мероприятий; оценить потенциал орошаемого и неорошаемого земледелия при различных уровнях обеспеченности ресурсами.

Реализация разработанной концепции оптимизации затрат ресурсов позволит:

- получать стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур за счет применения интенсивных зональных технологий возделывания;
- производить экологически чистую сельскохозяйственную продукцию;
- оптимизировать структуру сельскохозяйственных угодий (за счет увеличения доли орошаемых земель, в том числе увеличения доли кормовых угодий при сохранении валового сбора остальных культур);
- снизить себестоимость орошаемых сельскохозяйственных культур;
- обоснованно осуществлять поддержку сельхозпроизводителей;
- планировать затраты всех видов ресурсов для решения поставленных задач в масштабах хозяйства, области, края, республики, страны в целом;
- повысить эффективность использования энергетических, материальных и трудовых ресурсов;
- внедрить единый принцип учета затрат ресурсов, что расширит, укрепит и повысит качество информационных связей, что будет способствовать созданию общего информационного пространства в области сельского хозяйства и мелиорации земель.

Реализация концепции, особенно на орошаемых землях, будет способствовать быстрейшему развитию не только растениеводства, но и животноводства, а, следовательно, выходу продукции РФ на новый сектор мирового рынка, снижению зависимости от импорта продовольствия, т.е. решению стратегических задач продовольственной безопасности страны.

УДК 631.6 (571.6)

## **ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМ ФОНДОМ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**В.С. Носовский,**

ФГУП ДальНИИГиМ, Владивосток, Россия

В функционально-отраслевой структуре АПК одно из ведущих мест принадлежит сфере «производство средств производства». А в ней воспроизводство земельных ресурсов и повышение их плодородия посредством мелиорации – одна из главных проблем.

В концепции мелиораций сельскохозяйственных земель в России отмечено, что по наличию пашни Россия (130 млн. га) после США (186 млн. га) и Индии (166 млн. га) занимает третье место в мире. На одного россиянина приходится 0,8 га пашни при среднемировом показателе 0,2 га.

Для обеспечения продовольственной безопасности предлагается сократить долю импорта сельскохозяйственной продукции, которая составляет 30...50% (на Дальнем Востоке – 50...70%) за счет увеличения производства путем интенсификации использования пашни, в том числе на основе мелиорации.

Страны, имеющие больше всего населения в мире, сосредоточены в Северо-Восточной Азии, и этот регион характеризуется быстрым экономическим ростом. Республика Корея, КНДР, Япония являются странами, где не хватает земель для сельского хозяйства. Китай не имеет достаточно разработанных земель, но осваивает существующий потенциал: производство злаковых достигло 500 млн. т. при средней урожайности 4,3 т/га; 70% зерновых и 90% овощей выращены на мелиорированных землях. С помощью мелиорации эта страна, располагающая 9% пашни, 6% мировых ресурсов воды, обеспечивает продовольствием 22% населения планеты.

Россия характерна тем, что, испытывая трудности продовольственные, имеет много земельных ресурсов. Динамика качественного состояния сельскохозяйственных угодий, баланс гумуса и питательных веществ не улучшаются. Прогрессируют деградационные процессы из-за сокращения площади лесов. Уменьшился сток малых рек, происходит загрязнение водоисточников, из-за несовершенства технологии теряется плодородие почв. Недооцениваются комплексность и агроландшафтный подход к мелиорации территории, согласно учению В.В. Докучаева, А.Н. Костякова и др., чтобы не допустить потери биогенных элементов, перехода их в большой (геологический) круговорот.

Существует ошибочное мнение о всесильности мелиорации, как и других отдельных мероприятий. Мелиорация, улучшая водно-воздушные свойства почвы, создает предпосылки для доведения её до лучших богарных земель, качественно улучшая главное средство производства в сельском хозяйстве. Как

это новое эффективное плодородие реализуется в урожайности, зависит от культуры и уровня земледелия. Мелиоративный фонд служит обеспечению устойчивости сельского хозяйства, страхует его от вредного воздействия природных условий.

Капитальные вложения в технически совершенные объекты должны оправдываться не только за счет эффекта непосредственно той отрасли, в которую они осуществлены, а в целом в народном хозяйстве (или экономическом районе). Доказано, что использование постоянного капитала всегда дешевле, чем переменного. Поэтому в сложившейся ситуации с рыночными преобразованиями наиболее актуальными задачами становятся:

- восстановление технологического потенциала мелиоративных систем (2,4 млн. км каналов, 1,9 млн. гидротехнических сооружений, 9 тыс. насосных станций);

- обеспечение функциональности мелиоративных фондов (противопаводковая роль, социальная сельская инфраструктура, продовольственная безопасность);

- формирование механизма управления мелиоративным фондом различных форм собственности (федеральной, региональной и частной) в компаниях агрохолдингового типа, ассоциациях, водохозяйственных округах;

- экологически эффективное водопользование на основе введения дифференцированных платежей за подачу воды для орошения и за сброс сточных вод с учетом качества и воздействия внешних источников;

- прогноз и система организационно-технических мер по эксплуатации и реконструкции мелиоративных систем как важнейшего элемента поддержки сельскохозяйственного производства;

- надзор за безопасностью гидротехнических сооружений, водохранилищ сельскохозяйственного назначения, защитных дамб и насосных станций;

- легитимность правовой базы приватизации мелиорированных земель.

Основные фонды мелиоративно-водохозяйственного комплекса (307 млрд. руб.) подразделяются по признаку собственности на федеральную (27%), региональную (около 10%), муниципальную и частную (63%). Причем федеральная собственность содержится государством через ФГУ «Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения», подведомственные Департаменту мелиорации и технического обеспечения Минсельхоза России. А региональная и частная собственность (73%) осталась на балансе бывших реорганизованных и ликвидированных государственных совхозов. В описании собственности земельных долей, которые получили сельские жители, указана только кадастровая оценка в баллогектарах, т.е. ГТС остались бесхозными.

В результате, по разным оценкам, одна треть сооружений уничтожена и расхищена. Хозяйства, многократно меняя организационно-правовую форму, вынуждены избавляться от мелиоративных фондов из-за отсутствия финансо-

вых средств и государственной поддержки на их содержание. Кстати, ФГУП «ДальНИИГиМ» передал свои гидротехнические сооружения на баланс ФГУ «Управление «Приммелиоводхоз», не выдержав налогового бремени на имущество.

Функции подачи воды на орошение, её сброса и осушения территории, как и ряд других, выполняются в меру финансирования. Поэтому их реализация в России характеризуется следующими показателями использования земель: орошаемых – 90% (ДВ – 88), в т.ч. полив – 53% (ДВ – 4), осушенных – 88% (ДВ – 75). Потребность в реконструкции составляет: орошаемых земель – 43% (ДВ – 56), осушенных – 23% (ДВ – 27).

Правительство РФ в прошедшем году обратило внимание на целесообразность сосредоточения функций госнадзора за безопасностью ГТС и управлением в сфере водного хозяйства в одном федеральном органе. В настоящее время 8 надзорных организаций проводят согласование, экологическую экспертизу и утверждают декларации безопасности и правила эксплуатации гидротехнических сооружений. Так, в Южном Федеральном округе из 9 тыс. ГТС, поднадзорных органам Минприроды РФ, работоспособными признаны 57%, непригодны к использованию и не имеют хозяина – более 10%. Из 2756 сооружений подлежат декларированию 98%.

Особенностью мелиорации земель на Дальнем Востоке является то, что мелиоративный фонд включает все природно-сельскохозяйственные районы России (от муссонного климата до вечной мерзлоты полярно-тундровых зон). Высокий технический уровень мелиоративных систем с закрытым дренажем составляет на Сахалине 90%, Камчатке – 70%, создана современная инфраструктура рисовой ирригации в Приморье. Продуктивность мелиорированных земель была на 20-40% выше богарных. Выявлена высокая эффективность сухих мелиораций и реконструкции систем на двойное регулирование водного режима.

С учетом современных подходов уточнено природно-мелиоративное районирование путем выделения локальных северотаежных микрозон, а также прибрежных на маршевых почвах Тихого океана. Мелиоративный фонд Дальнего Востока составил 13,8 млн. га, в том числе 10,9 млн. га (80%) сосредоточено в южных районах. Освоен он на 5,4% (Приморье – 13,6; Магаданская обл. – 1,5). Фонд осушения освоен на 9,1% (Приморье – 19, Магаданская обл. – 2,1), орошения – 1,6% (Приморье – 9,1, Амурская обл. – 0,3).

Самые северные зоны (полярно-тундровая и др.) в Магаданской и Камчатской областях составляют 2,3 млн. га (менее 17%). В этих областях, благодаря горно-долинному рельефу и воздействию океана на побережье, пригодны для возделывания отдельных овощных, кормовых и зернофуражных культур около 1,3 млн. га при проведении мероприятий по осушению, противозаморозковому дождеванию и тепловым мелиорациям.

Юг Дальнего Востока благоприятен для производства риса и является северной границей рисосеяния. Построено 66 тыс. га рисовых инженерных систем и 13 агропоселков современного типа. Дополнительно запроектировано 150 тыс. га, в т.ч. 70 - под рис. Созданы промышленные технологии производства и сорта риса, которые не имеют аналогов в мире.

Пластичные технологии возделывания риса в 20-е годы прошлого века позволили получить 3,6 т/га. Урожайность на трети посевов в отдельные периоды достигала 3,5-4,0 т/га. Вероятность урожаев в диапазоне 2,8-5 т/га составляет 80%. Максимальные посевные площади – почти 50 тыс. га, производство риса – 120 тыс. т.

Изучая условия и возможности производства риса в России (водный дефицит рек Кубани, Дона, Терека определяют его ограничение, а в бассейне Волги производство риса прекращено), Главэкспертиза и НТС Минсельхоза РФ в 1993 г., коллегия Министерства и администрации Приморского края в 1997 г. рекомендовали восстановить рисоводство в Приморье. Отмечено, что потребность в крупе риса Дальневосточных и близлежащих регионов Сибири составляет 104 тыс.т., в том числе Дальнего Востока с Якутией (Саха) – 37тыс. т.

Основными причинами спадов рисосеяния являются монокультура, структурная политика капиталовложений и импорт риса. Поставки риса через приморский край из-за рубежа выросли до 370 тыс. т (47 млн. долл. США) или в 50 раз. Одновременно цены снизились до 4 руб./кг или в 3 раза. Демпинговый импорт диверсионно воздействовал на продовольственную безопасность страны: сократились посевы риса, прекратились ремонт и реконструкция рисовых систем, нарушился водный режим территории.

Рисовые системы обслуживают мощные насосные станции, работающие в режиме орошения и осушения территории в 7 сельскохозяйственных районах.

Ущерб от затопления земель, потери продукции и инфраструктуры, расходы на переселение составляют только в Хорольском районе Приморского края 1 млрд. руб. Этих средств хватило бы на финансирование насосных станций на несколько веков. Расходы на рисосеяние жизненно важны для населения и в сотни раз дешевле вытекающих долговременных последствий. Мероприятия по реконструкции и ремонту рисовых систем позволят увеличить производство и конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции в крае.

В настоящее время, решая проблему обеспечения потребности вышеперечисленных регионов, необходимо проведение комплекса мелиоративных мероприятий (реконструкции, ремонта межхозяйственной сети, насосных станций), высокоточной планировки рисовых чеков, освоение новых технологий возделывания культур рисового севооборота на гребнях. Площадь посева риса можно увеличить до 15,4 тыс. га к 2010 г. и до 32,9 тыс. га к 2015 г. при соответствующем обеспечении рисоводческих хозяйств. В рисовом севообороте целесообразно предусмотреть до 50% насыщение посевами сои, многолетних трав,



кукурузы и гречихи. Неиспользованных рисовых земель к 2015 г. в Приморском крае не останется. В результате представляется возможным получение высоких урожаев при валовом сборе в 2010 г. – 37,0 тыс. т, 2015 г. – 98,7. Межрегиональный обмен риса на зерно Сибири способствует уменьшению продовольственной зависимости страны.

В заключении предлагается усилить координацию и организационную поддержку научного обеспечения мелиорации земель Дальнего Востока в составе Отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства Россельхозакадемии.

### **Литература**

1. Концепция мелиораций сельскохозяйственных земель в России./Под общ. ред. Гордеева А.В. и Романенко Г.А. МГУП. ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2006. – 41 с.
2. Ли Бен Хва. Исследование об обмене сельского хозяйства Приморского края Российской Федерации и Республики Корея: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Уссурийск, ПГСХА. – 1996.- 24 с.
3. Гулюк Г.Г., Носовский В.С., Гусенков Е.П. Управление использованием водных ресурсов и мелиорация земель в Китае // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. - № 5. – С. 64-68.
4. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов.. : Изд-во АН СССР, 1959. – 344 с.
5. Маслов Б.С. Комплексная мелиорация: становление и развитие // РАСХН. – М., 1998. – 280 с.
6. Носовский В.С. Экономика мелиорации: теория, практика и стратегия. М.: ФГНУ «Росинформмагротех», 2006. – 300 с.
7. Колганов А.В. Водохозяйственный комплекс Южного федерального округа: современное состояние, проблемы управления//Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. - № 5. – С. 2-4.

УДК 631.347

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН**

**Д.Г. Ольгаренко**

ФГНУ ВНИИ «Радуга», Коломна, Россия

На международной конференции МКИД г. Москва (2004 г.) подчеркнут приоритет социально-экономических факторов развития, для чего необходимо обеспечить население Земли качественной водой и продуктами питания. Урожайность сельскохозяйственных культур должна повышаться на 3-4% в год, что может быть обеспечено в числе других факторов и за счет развития орошения.

При наличии 18% орошаемых земель они дают до 40% продукции растениеводства.

Большинство мировых проблем, связанных с водными ресурсами, возникает из-за основного противоречия: мировые запасы качественной воды уменьшаются, а мировое народонаселение и водопотребление постоянно растут.

Если воду использовать более эффективно, то это может значительно снизить удельное водопотребление. Использование компьютерных систем управления и ирригационных технологий, обеспечивающих рациональное орошение, позволяет повысить качество водораспределения до 95%, увеличить продуктивность сельского хозяйства и уменьшить мировую потребность в воде на 10% и, как следствие, улучшить социальные, экономические и экологические условия.

Техника и технология полива оказывают решающее влияние на качество водораспределения и регулирования водного режима, а, следовательно, и на степень использования почвенно-климатических, материально-технических и энергетических ресурсов, обеспечение стабильной урожайности, экономической эффективности и экологической безопасности орошаемого земледелия.

Применение однотипной техники орошения для принципиально отличающихся по почвенно-климатическим условиям агроландшафтов также отрицательно сказывается на экологической обстановке и эффективности использования интегральных ресурсов. Качество технологического процесса для любой системы полива, определяется производительностью и характеристиками качества водораспределения, их соответствием экологическим требованиям растений и почв.

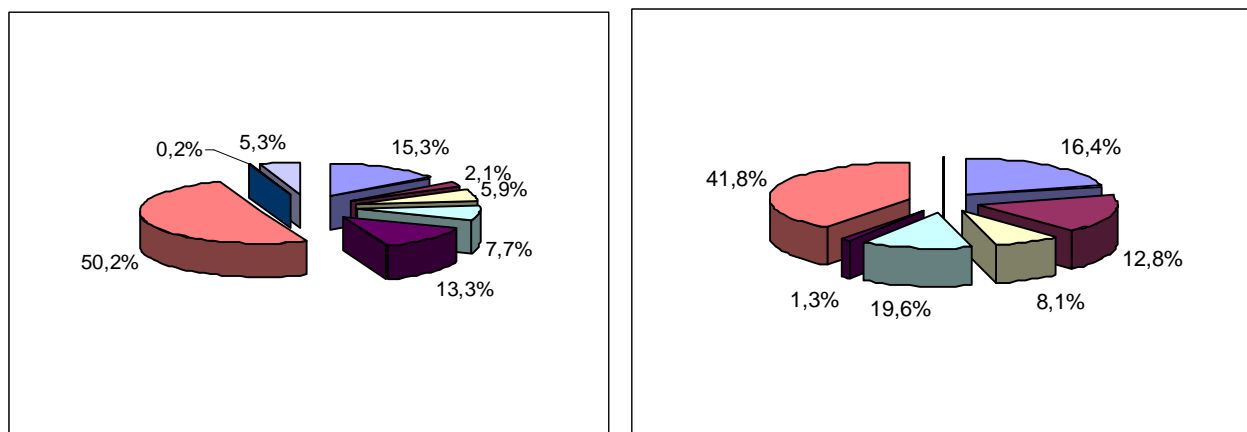
По данным оперативной отчетности сейчас в России дождевальных машин осталось не более 19,1 тыс. шт., в том числе иностранных 605 штук, исправных 12,3 тыс. шт. (64,0%), отработавших нормативные сроки службы 15,6 тыс. шт. (80,0%).

В структуре парка машин по России на долю ДМ "Фрегат" приходится около 41,8 %, "Кубань" – 1,6%, ДДН-70(100) – 8,1%, ДДА-100МА(100В) – 12,8%. Прочая техника (19,6%) – это морально устаревшая техника производства 60-70-х годов. Фактически почти полностью разукomплектованы ДМ "Волжанка" и "Днепр", хотя оросительная сеть под них сохранилась на площадях 16,4%.

В США в основном применяют широкозахватные ДМ кругового действия, на долю которых приходится 50% в составе площадей поливаемых дождеванием, быстросборные трубопроводы – 15,3%, широкозахватные фронтальные ДМ – 13,3%, системы поверхностного полива занимают более 40% орошаемых площадей, а микроорошение – 5,3%.(рис. 1, табл. 1).

Стоимость дождевального оборудования колеблется от 900 \$/га до 3000 \$/га, в зависимости от типа системы и комплектации. Экономическая эффективность колеблется в значительных пределах в зависимости от почвенно-

климатических, организационно-хозяйственных условий, типа севооборота, качества технологий эксплуатации, наличия трудовых ресурсов.



**США**

**Россия**

Орошение дождеванием	%	Орошение дождеванием	%
ДМ с поливом в движении по кругу	50,2	ДМ с поливом в движении по кругу	41,8
Широкозахватные фронтальные ДМ	13,3	Широкозахватные фронтальные ДМ, позиционные	16,4
Передвижные шланговые Д.У.	7,7	Двухконсольные ДМ	12,8
Стационарные системы	5,9	Дальнеструйные ДМ	8,1
Системы с разборным трубопроводом	15,3	Широкозахватные ДМ фронтальные, работающие в движении	1,3
Двухконсольные ДМ	0,2	Прочие системы, в т.ч. дождевальные шлейфы, КДУ, УДС, КИ-50, капельное орошение	19,6
Капельное орошение	5,3		
Прочие системы	2,1		

Рисунок 1 - Структура парка дождевальной техники

На Российском рынке активно действуют зарубежные фирмы: Rain Bird (США), Perrot (Германия), "Valmont Ind"(США), Sigma (Чехия), R.Bauer (Австрия), ОСМУС (Италия), France Pivot и T-Systems Europe Irrifrance(Франция), Netafim (Израиль), в Интернете представлены сайты более 50 фирм /1/.

Зарубежные фирмы предлагают в основном технику 3-го поколения: это широкозахватные дождевальные машины кругового и фронтального действия с электроприводом на пневматическом ходу, работающие в автоматическом режиме от закрытой сети, площадь орошения 10-50 и до 400 га; шланго-барабанные дождевальные машины со среднеструйными аппаратами или консольными тележками с низконапорными аппаратами, площадь обслуживания за сезон от 3 до 50 га; быстросборные трубопроводы, площадь обслуживания до

50 га; предлагается широкий спектр дождевальных аппаратов, работающих при давлении от 0,3 до 0,5 Мпа, низконапорных дождевальных насадок, запорно-регулирующей арматуры, специального оборудования для внесения удобрений с поливной водой, системы капельного орошения, компьютерные системы управления поливами /1/.

Таблица 1 - Техничко-экономическая характеристика основных систем орошения, применяемых в США

Оросительные системы	Затраты труда, чел.-ч на 1 га орошаемой площади	Капитальные затраты*, \$/га
1	2	3
Поверхностные:		
по полосам	0,5-2,5	300-990
по бороздам	1,0-3,0	395-1235
по мелким бороздам	1,0-3,0	250-495
Затоплением безуклонных чеков	0,25-1,25	495-1235
Дождеванием:		
стационарные		
разборные	0,5-1,25	990-2965
неразборные	0,12-0,25	990-2965
передвижные		
переносимые вручную	1,25-3,7	250-740
буксируемые	0,5-1,25	445-865
колесные фронтальные	0,5-1,7	445-865
Полив в движении:		
самоходные	0,5-1,7	495-990
по кругу	0,12-0,35	495-990
фронтального действия	0,12-0,35	740-1235
Микро дозами:		
капельное, внутрпочвенное, струйное, мелкодисперсное	0,35	620-2470

\*- Без учета расходов на водоснабжение, водоподъем, стоимости энергетической установки

Постоянный рост цен на энергоносители, материало-технические ресурсы, а также экологические ограничения заставляют повышать эффективность использования оросительной воды.

Совершенствование существующей техники полива идет в направлении улучшения качества дождя и повышения степени соответствия процесса полива агроэкологическим требованиям, снижения материало- и энергоемкости, унификации модулей и сборочных единиц, внедрения автоматизированных систем

управления производством на базе компьютерных технологий, информационно-советующей системы оперативного планирования орошения по агрометеопараметрам, комбинированных (многофункциональных) систем орошения, повышения надежности, улучшения условий и безопасности труда, применения новых технологий и материалов, поиска новых компоновочных решений, уменьшения воздействия ходовых систем на почву, создания машин с изменяемой шириной захвата /2,3/.

Таким образом, сельхозпроизводитель, рассматривающий альтернативные системы орошения, часто сталкивается с необходимостью оценки преимуществ повышения эффективности водопользования, и снижения трудовых затрат по сравнению с повышением капитальных затрат и энергозатрат. Выбор эффективной системы орошения имеет большое значение для долгосрочной финансовой жизнеспособности большинства сельскохозяйственных предприятий. /8-11/

Комплекс технических средств орошения с оросительной сетью является сложной системой, и его эффективность определяется взаимодействием многих факторов. На рисунке 2 представлен вариант системы управления орошением по принципу “черного ящика”.

Анализ показал, что оптимизационными параметрами является энергия, вода, информация, и от того, насколько достоверна информация, доступны вода и энергия будет зависеть эколого-экономический эффект. Конечный эффект будет определяться качеством техники, наличием и уровнем трудовых ресурсов, материальным обеспечением и качеством эксплуатационного обслуживания, кроме того, насколько техника и технология вписываются в природно-климатические условия местности, также будет зависеть его величина.

Существует комплекс показателей, по которым можно подобрать подходящий тип дождевальная машины.

ФГНУ ВНИИ “Радуга” разработана система для комплексной оценки дождевальных машин включающая до 40 показателей и позволяет провести сравнительную оценку ДМ в сравнении с требуемыми показателями качества.

Блок 1 включает показатели, характеризующие прирост продукции и степень использования интегральных ресурсов (5 наименований).

Блок 2 состоит из показателей, характеризующих качество технологического процесса полива, включая структуру искусственного дождя, его экологические и агробиологические характеристики, равномерность водораспределения, достигаемый почвоувлажнительный и микроклиматический эффект дождевания, повреждаемость растений в процессе полива и обработок, возможность многоцелевого использования оборудования (внесение удобрений и др.), индекс качества изделия.

Блок 3 состоит из 9 показателей, характеризующих эксплуатационные параметры, надежность и долговечность дождевальной техники, включая трудо-



Рисунок 2 - Структурная схема орошения по принципу “черного ящика”

емкость технического обслуживания, коэффициенты использования рабочего времени и загрузки оборудования, уровень автоматизации технологии.

Блок 4 включает 10 показателей, характеризующих патентную защищенность, уровень стандартизации и унификации, технологичность изготовления оборудования.

Блок 5 включает 14 экономических показателей, характеризующих достигаемый экономический эффект.

Блок 6 включает обобщенные показатели качества дождевальной техники для условий, характеризующихся отсутствием или наличием дефицита природных ресурсов.

Система показателей технического уровня дождевальной техники структурно представлена (рис. 3) в виде отдельных подсистем с группами однородных показателей, характеризующих отдельные ее факторы и критерии оптимизации, а также подсистем обобщенных параметров качества технологического процесса продукции.

Сравнение дождевальной техники и ее ранжирование как по одиночным, так и по обобщенным показателям должно проводиться в составе внутривладельческой оросительной системы для конкретных природно-хозяйственных условий, применимость в которых сравниваемых видов дождевальной техники научно и проектно обоснована.

Предварительные результаты оценки отечественных машин позволяют утверждать, что наиболее экологически безопасными являются дождевальные машины Кубань ЛК-1 и Фрегат-Н имеющие относительный индекс качества полива около 1.

В связи со всем вышесказанным были проведены информационно-аналитические исследования с целью экономической оценки однотипной широкозахватной поливной техники, используемой в России и США. Затраты на орошение включали: капиталовложения, эксплуатационные и трудовые затраты для четырех видов поливного оборудования.

Исследовались следующие системы орошения: (1) ДМ “Фрегат” (50 га), (2) ДМ “Кубань ЛК1” (50 га), (3) ДМ “Valley” - многоопорная дождевальная машина с поливом по кругу в движении (52,61 га), и (4) ДМ “Zigmatic” - многоопорная дождевальная машина фронтального перемещения (36,42 га). В таблице 3 приведены технико-эксплуатационные характеристики сравниваемых систем орошения.

Использование современных дождевальных машин по данным ФГНУ ВНИИ “Радуга” позволяет снизить затраты труда до 23 % и 59 %, энергозатраты – до 24 % и 46 % при поливе чистой водой и многоцелевом использовании соответственно. Прирост чистого дохода составит 4,3 ...5,3 тыс.руб./га. при поливе фронтальными машинами (ДМФД Кубань-Л, Э, зерновые), круговыми машинами (ДМКД “Фрегат”, “Кубань-ЛК1”, морковь) – 109...111 тыс. руб./га, мно-

### Система показателей оценки качественного уровня дождевальной техники

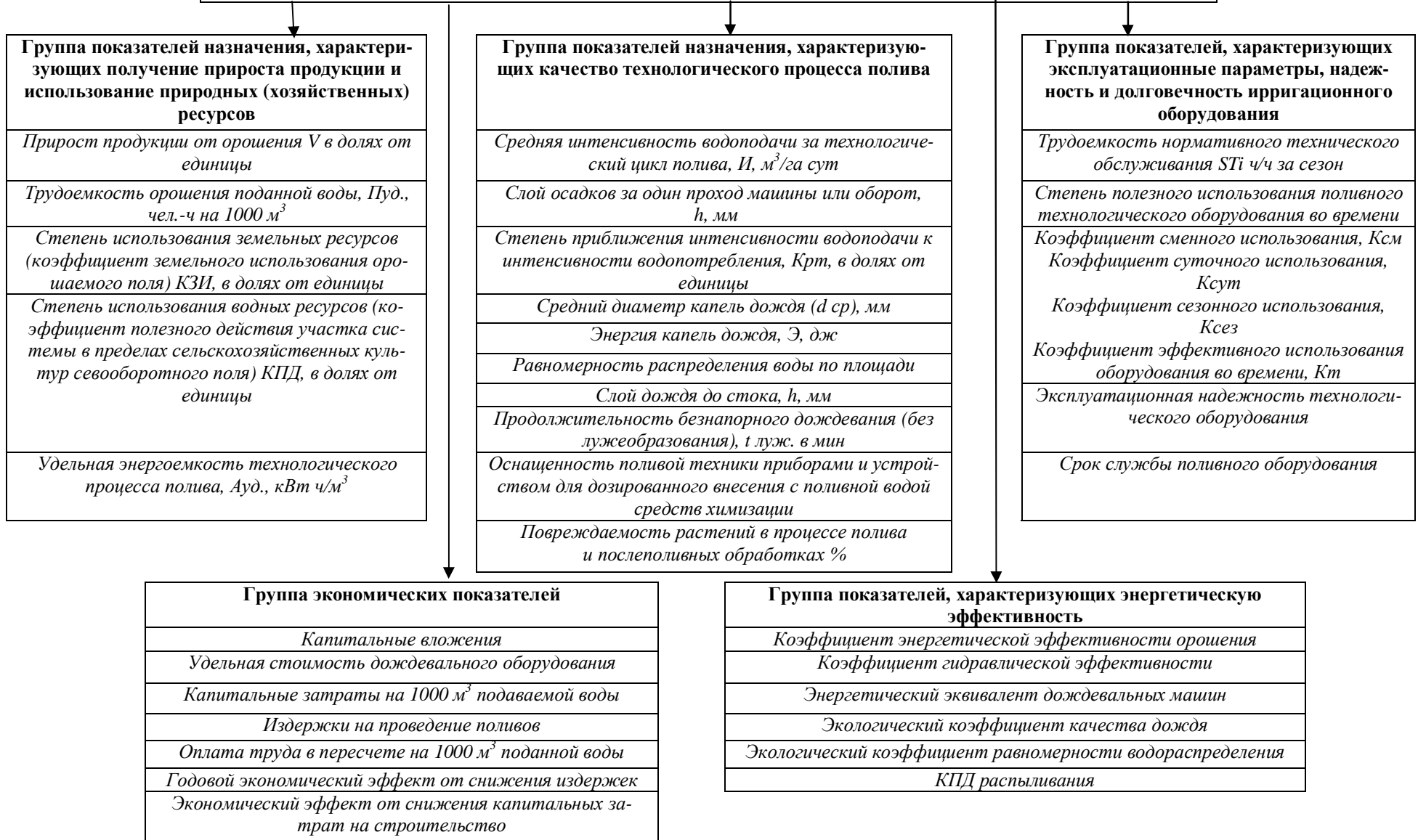


Рисунок 3 - Система показателей оценки качественного уровня дождевальной техники



гофункциональном использовании (ДМФД "Коломенка-100", многолетние травы с утилизацией живстоков) – 11 тыс. руб./га. При создании машин нового поколения ориентировочно затраты труда снизятся еще в 2...3 раза, энергозатраты на 30...50 %, срок службы возрастет с 12 до 18 лет (ДМКД "Кубань-ЛК2") /4,5/.

Из таблицы 3 видно, что по техническим характеристикам отечественные машины не уступают зарубежным. При сравнении экономических показателей видно, что отечественная техника дешевле по своей стоимости и в эксплуатации. Так при стоимости "Кубань-ЛК1" и "Фрегат-Н" -1200 и 750 тыс.руб. и стоимости "Valley" и "Zigmatic" – 1300 и 1500 тыс.руб., эксплуатационные затраты на 1 га составили для – 4,1 и 3,5 для отечественной, и 6,06 и 6,8 тыс.руб. для зарубежной техники соответственно.

Затраты на владение за год у отечественных машин также меньше, они составляют – 149 и 225 тыс. руб. для "Кубань-ЛК1" и "Фрегат-Н" и 229 и 317 тыс.руб. для "Valley" и "Zigmatic" соответственно.

В таблице 4 приведены суммарные капитальные затраты на покупку и установку дождевальных машин.

Вся техника ориентирована на работу от закрытой оросительной сети, автоматизированный режим работы, многоцелевое использование, применение компьютерных систем контроля и управления, широкий диапазон модификаций, максимальный учет конкретных условий применения. Стоимость оборудования от 70000 \$ до 100000 \$ (в т.ч. на установку 52 %, насос, двигатель – 22%, скважины и транспортирующие трубопроводы – 20 %, подготовка земельного участка 6 %) /6,7,8/.

Преимущества зарубежных фирм в высоком уровне организации и концентрации производства, предложение техники с высокой степенью автоматизации, оборудования для многофункционального использования, широкий диапазон модификаций, возможность поставки единичных экземпляров по заказу для конкретных условий применения, высокий уровень дизайна и комфортности, наличие компьютерных средств управления и контроля.

К недостаткам можно отнести следующее: средняя стоимость зарубежных образцов на 30-50% выше чем отечественных аналогов, после приобретения в процессе эксплуатации возникнут проблемы с запасными частями, отсутствует информация об агроэкологическом качестве дождя, дополнительно потребуются затраты на информационное обеспечение и сервисное обслуживание. /6,7,8/

По показателям производительности, энергоемкости, материалоемкости, трудозатратам, качеству зарубежные серийные дождевальные машины существенно не отличаются от разрабатываемых в России.

Главная проблема в том, что серийно производимая отечественная техника по показателям качества технологического процесса диапазона применимости, материалоемкости, эксплуатационной надежности, многофункциональности,

Таблица 3 - Техничко-экономические показатели

Показатели		Машины	Единица измерения	ДМ "Кубань-ЛК1"	ДМ "Фрегат-Н"	Многоопорная дождевальная машина кругового действия "Valley"	Многоопорная дм фронтального перемещения "Zigmatic"
Технические							
	Площадь орошаемого участка (нетто)		га	50	50	52,61	36,42
	Расход машины		л/с	61,2	50	57	45
	Поливная норма		м <sup>3</sup> /га	400	400	400	400
	Производительность		га/ч	3,35	1,43	1,0	3,5
	Затраты труда		чел.-ч/ 1 га	1,65	1,8	1,01	1,33
	Количество обслуживающего персонала		чел.	1 на 5 машин	1 на 3-4 машины	1	1 на 5 машин
	Интенсивность дождя		мм/мин	0,25	0,29	0,25	0,34
	Средний диаметр капель		мм	0,91	0,9	1,2	0,9
	Коэффициент полезного действия			0,98	0,97	0,80	0,75
	Коэффициент земельного использования			0,88	0,85	0,85	0,97
	Коэффициент эффективного полива			0,75	0,77	0,7	0,7
Экономические							
	Стоимость машины		тыс. руб.	1200	750	1300	1500
	Эксплуатационные затраты на 1 га в год*		тыс. руб/га	4,1	3,5	6,06	6,8
	Затраты на владение в год		тыс. руб.	149	225	229	317
	Убытки на неорошаемой площади в год		тыс. руб.	59,6	41,1	74,9	-

\*.- Эксплуатационные затраты включают техническое обслуживание, трудовые затраты, стоимость воды, электроэнергии.

\*\* - Затраты на владение включают: амортизацию, налог на прибыль и страховку.

оснащенности техническими средствами контроля и управления отстает от современной серийной зарубежной техники. Поэтому необходимо провести НИОКР по созданию дождевальных машин нового поколения на основе существующего научного задела по машинам серии "Кубань", "Фрегат-Н".

Таблица 4 - Суммарные капитальные затраты на покупку и установку отдельных поливных систем

Система	Поливная система			
	ДМ "Фрегат" (50 га)	"Кубань ЛК1" (50 га)	Многоопорная дождевальная машина кругового действия "Valley" (52,61 га)	Многоопорная дм фронтального перемещения "Zigmatic" (36,42 га)
	тыс. руб.	тыс. руб.	тыс. руб.	тыс. руб.
Магистральный трубопровод	98,3	86,6	111,3	164,3
ДМ	1200	750	1300	1500
Насосная станция	217,3	177,5	227,9	225,3
Система автостопа	79,5	79,5	88,4	91
Монтаж (установка)	79,5	79,5	52	52
Общие капитальные затраты на систему	1674,6	1173,1	1779,6	2032,6
Общие капитальные затраты на 1 га орошаемой площади	33,49	23,46	33,83	55,81

Дождь, создаваемый современной широкозахватной дождевальной техникой, отличается по своим параметрам от естественных осадков «средней силы», наиболее благоприятных по своим качественным характеристикам для роста и развития растений и экологических требований почвы.

Поэтому разработка эффективных систем орошения и техники полива, максимально адаптированных к условиям конкретных агроландшафтов, не может основываться на достигнутом уровне развития техники, а требует учета

возможности её совершенствования, изменения качественных и количественных характеристик, с обязательной увязкой с почвенно-климатическими и организационно-хозяйственными и экологическими условиями.

Требуется создание и определение характеристик новых образцов техники, а также проработка вопросов о влиянии интенсивности при различной структуре дождя на величину достоковых поливных норм в конкретных почвенно-климатических условиях для полей, занятых различными сельскохозяйственными культурами.

Очевидно, что показателей только экономической эффективности недостаточно для объективной оценки дождевальных машин. Показатели социально-экологической эффективности отсутствуют по всем системам, реализуемым в России как зарубежным, так и отечественным.

Поэтому очень важно для оптимизации размещения поливной техники провести оценку эколого-экономической эффективности для новых дождевальных машин.

#### **Литература**

1. Программа работ по модернизации существующей, освоению серийной и созданию поливной техники и ирригационного оборудования в РФ на 2004-2010 г.г.//Кизяев Б.М., Ольгаренко Г.В., Гулюк Г.В. / ГУП “Коломенские”, Коломна 2003 г. – 58с.
2. Ольгаренко Г.В. Перспективы развития технологий и техники орошения. Мелиорация и водное хозяйство. №3, 2004 г., с. 30-33.
3. Губер К.В. Районирование территорий России по способам орошения как фактор ресурсосбережения. Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии. Сборник научных докладов Научно-практической конференции. Часть 2- Коломна: ФГНУ ВНИИ “Радуга”, 2004.
4. Совершенствование и опыт эксплуатации широкозахватных дождевальных машин, работающих в движении. Минводхоз СССР, Экспресс-информация. Обзорная информация. - М., 1985 - 88 с.
5. Миленкин Б.В., Пензин Э.В. Способы повышения эффективности дождевания // Гидротехника и мелиорация, 1971 - №1
6. Thomas R. Hoffmann., Gayle S. Willett. The economics of alternative irrigation systems in the Kittitas Valley of Washington State.
7. In vestment and Expantion of Irrigation Systems. Fintrac CDA. June 2002/[cda@fintrac.com](mailto:cda@fintrac.com).
8. Michael D. Dukes. Types and Efficiency of Florida Irrigation Systems. Irrig. Jornal №7. 2004.

УДК 626.87:33

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

**Г.В. Рубин**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Структура управления водопользованием за последние десятилетия подвергалась неоднократным преобразованиям, заключавшимся в основном в сме-

не ведомства, но имевшим необратимые последствия: снижение значимости водохозяйственных проблем, разрыв водохозяйственных связей, подчиненность интересам других ведомств, отход от бассейнового принципа управления, отсутствие экономических методов управления. Существующая система управления не решает полностью всех стоящих перед нею задач.

На сегодняшний день сохраняется ситуация централизованного управления и выделения средств на водохозяйственную деятельность. Закрепленный существующий порядок поступления платежей в бюджет по-прежнему делает их неэффективными для водного хозяйства; взимаемые в налоговой форме, они не оказывают должного стимулирующего воздействия и на водопользователей, поскольку включаются в себестоимость продукции и переходят на покупателя. При этом водные объекты и водохозяйственные фонды по-прежнему остаются без «хозяина».

Водным кодексом Российской Федерации № 74-ФЗ от 3 июня 2006 года предусматривается ряд изменений по управлению водными ресурсами и водохозяйственным комплексом России, в частности:

- замена разрешительного (лицензионного) порядка предоставления водных объектов в пользование на договорной, либо по решениям государственных органов исполнительной власти;

- регулирование водных отношений по правилам гражданского права;

- замена водного налога на плату за пользование водными объектами и водными ресурсами;

- передача в пользование органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов, а также полномочий по осуществлению мер по их охране, предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий. Средства на осуществление передаваемых полномочий предоставляются в виде субвенций из федерального бюджета;

- объявление бассейнового округа основной единицей управления в области использования и охраны водных объектов;

- определение статуса бассейновых схем комплексного использования и охраны водных объектов как приоритетного, руководящего документа в области использования и охраны водных объектов.

В соответствии с этими решениями актуальной является разработка моделей управления водными объектами и водохозяйственным комплексом России, обеспечивающих рациональное использование, восстановление и охрану водных объектов, населения и объектов экономики качественной питьевой водой, а также безопасность ГТС; определение функций управления использованием и охраной водных объектов на всех уровнях и их распределение между органами государственной власти, местного самоуправления и др.; разработка системы

экономических методов управления и экономических механизмов водопользования.

Реформирование управления федеральной собственностью и водохозяйственной деятельностью требует создания новых организационных форм, обеспечивающих единство в проведении водохозяйственной политики, применение экономических методов управления, самостоятельность в управлении и организации производства и выполнение договорных обязательств.

К новым формам организации водохозяйственной деятельности можно отнести ассоциации, акционерные общества, водохозяйственные товарищества, управляющие компании, унитарные государственные предприятия. Выбор той или иной формы обуславливается степенью развития экономики, зоной действия водохозяйственного объекта, правом собственности на водные ресурсы, структурой управления региона и уровнем развития правовой базы. Принципам развития новых отношений в сфере водообеспечения в условиях рыночной экономики в наибольшей степени отвечает акционерная форма организации деятельности, способная привлекать и соединять средства акционеров, формируя из них крупный инвестиционный капитал, позволяющий восстанавливать и развивать водохозяйственные системы. Однако реформу можно начинать и с менее масштабных форм организации водохозяйственной деятельности в рыночных условиях, которые могут быть развиты на базе существующих структур.

Новый экономический механизм предполагает корпоративное управление использованием и охраной водных ресурсов со стороны водопользователей, которые осуществляют и финансирование. В этом случае государство передает водные объекты в оперативное управление (или концессию) бассейновым объединениям – управляющим компаниям по воде. Компания осуществляет на своей территории все виды водохозяйственной деятельности, необходимые для охраны вод и удовлетворения потребности в них водопользователей, включая оценку водных ресурсов, регулирование стока, контроль сброса загрязняющих веществ и водозабора, предотвращение наводнений и подтоплений и т.д. Плата за воду при таком подходе приобретает форму взносов водопользователей на содержание объединения и финансирование его деятельности.

Функция государства в этом случае ограничивается изъятием в виде налога некоторой части средств, которые затем используются преимущественно для кредитования и субсидирования нового водохозяйственного строительства, а также для компенсации водохозяйственным организациям недополученных средств в случае предоставления государством льгот по плате за воду отдельным категориям водопользователей.

При формировании нового механизма управленческой деятельности необходимо учесть, что исключить полностью участие государства в правовом и экономическом регулировании процесса водопользования и водообеспечения

нельзя. Это связано с многоплановостью использования водных ресурсов и жизнеобеспечивающей их значимостью, а также монопольным характером производственной водохозяйственной деятельности.

Государственное участие обеспечивается с помощью методов регулирования (бюджетное целевое финансирование, льготное кредитование и налогообложение) и методов стимулирования, базирующихся на коммерческой деятельности эксплуатационных организаций.

Государственным участием формируется рынок страховых услуг водопользования. Страхование гидротехнических сооружений и риска гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварий гидротехнических сооружений, относится к методам предотвращения и борьбы с последствиями паводков. Страхование осуществляется в целях защиты имущественных интересов государства и уменьшения расходов федерального бюджета, связанных с возмещением вреда, причиненного в результате аварии на гидротехнических сооружениях. Эффективность системы страхования возможна лишь при хорошо скоординированных действиях самой системы, государства и владельца имущества.

Приобретают значение и новые формы передачи водных объектов и водных ресурсов в пользование организациям и частным лицам. К таким формам относятся концессии и лицензии. Концессии (разрешения) могут выдаваться для временного и определенного пользования при условии соблюдения установленных правил должного содержания водного объекта в интересах всех водопользователей и содержания прибрежных земель.

Нормативно-правовая база управления федеральной собственностью в сфере водопользования находится лишь в стадии формирования. Принятые основополагающие законы явно недостаточны и допускают противоречивые толкования. В настоящее время, в условиях деления и перераспределения собственности, дальнейшего ее дробления в процессе приватизации, вопросы правового регулирования отношений водопользователей приобретают особую остроту. Это касается как вновь строящихся водохозяйственных объектов, так и эксплуатируемых в настоящее время.

Создание водохозяйственных предприятий требует правового закрепления их статуса как производственных единиц, имеющих юридическую и экономическую самостоятельность. Требуется правовая регламентация этих отношений, определяющая принципы платности, виды платежей, порядок поступления и расходования, права и экономическую ответственность сторон, порядок возмещения ущерба от невыполнения обязательств.

Необходимо внесение коррективов в законодательство о плате за воду как по величине тарифов, так и по принципам их назначения и взимания.

Целесообразно внесение предложений о возобновлении деятельности специализированных водохозяйственных фондов на федеральном уровне и уровне

субъектов федерации. Эффективность функционирования таких фондов подтверждается зарубежной практикой и закреплена законодательно в Водном кодексе Российской Федерации.

УДК 626.87:33

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ОРОШЕНИИ**

**В.А. Скляр**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Одним из основных направлений развития водохозяйственного комплекса в АПК является совершенствование управления. Агропромышленный комплекс является одним из крупнейших водопользователей. Объем потребления на нужды сельхозпроизводства составляет около 20% от общего объема водопотребления в других отраслях страны. В то же время основным потребителем водных ресурсов в системе АПК (70%) является орошаемое земледелие. Поэтому от упорядоченного управления водным комплексом зависит нормальное функционирование оросительных систем, а от своевременной и качественной подачи воды в системе - качественное и количественное получение продукции и благополучие в экономике потребителей сельскохозяйственной продукции, полученной с орошаемых земель.

В настоящее время наблюдается резкое ослабление службы эксплуатации, что негативно сказывается на состоянии мелиоративных систем. В аварийном состоянии находятся многие водозаборные сооружения, насосные станции, трубопроводы; около половины дождевальных установок требуют замены. Практически прекращены работы по строительству новых мелиоративных систем, не ведутся работы по реконструкции и ремонту существующих систем, в результате чего ухудшается их техническое состояние.

Современное кризисное состояние отрасли обусловлено резким сокращением с начала 90-х годов финансирования мелиоративных мероприятий, равно как и выделения средств на содержание мелиоративных и водохозяйственных объектов. Управления осушительно-оросительных систем, эксплуатирующие межхозяйственные мелиоративные системы, являются государственными водохозяйственными предприятиями и до последнего времени находятся на бюджетном финансировании, уровень которого даже в советские времена не был достаточным для должного содержания и развития систем. Финансирование мелиоративных работ в хозяйствах до настоящего времени также осуществлялось, в основном, за счет бюджетных ассигнований. За последние годы большинство сельскохозяйственных предприятий лишилось не только собственных



средств, но и инвестиционных источников. И это при условии, когда ежегодное выбытие основных фондов более чем в 4 раза превышает их ввод. Происходит планомерное раз разрушение не только производственной, но и непромышленной сферы АПК, которая и так была недостаточно сильна.

Несмотря на рост потребностей в финансировании водного хозяйства, вызванный ухудшением качества воды, старением производственных фондов, появлением в ходе приватизации бесхозных объектов и другими обстоятельствами, фактическое финансирование водного хозяйства постоянно ухудшается. За последние 10 лет объемы предусматриваемых в бюджете капиталовложений снизились в 11 раз. Водное хозяйство в ряду природных ресурсов финансируется в наименьшей доле.

Снижение инвестиционной активности в водном хозяйстве привело к «старению» основных производственных фондов. Резко проявилось противоречие между потребностями развития водохозяйственного комплекса и сложившимся низким уровнем инвестиций, который не обеспечивает даже простого воспроизводства основных фондов и пополнения собственных оборотных средств.

Резкое сокращение инвестиций, частичное финансирование, отсутствие действенного экономического механизма управления водохозяйственным комплексом приводит к образованию еще более острых дефицитов водных ресурсов как по объему, так и по качеству, к значительному материальному ущербу, приостановке развития производственной базы эксплуатационных организаций.

Дефицитность бюджета не позволяет обеспечить надлежащую финансовую основу водохозяйственной деятельности. Необходима разработка хозяйственного механизма, ориентированного на привлечение внебюджетных источников финансирования, соответствующего рыночным условиям, что требует реализации системы мер по совершенствованию амортизационной, кредитной, налоговой политики, формированию благоприятных условий инвестирования, развитию лизинга.

Переход к рыночной экономике сопровождается кардинальными изменениями в системе методов государственного регулирования и созданием новой системы экономических регуляторов. Финансово-кредитный механизм государственного регулирования отношений водообеспечения и водопользования включает финансирование, кредитование, компенсации затрат на строительство и эксплуатацию оросительных систем.

Необходима также система экономических санкций за нарушение экологических норм и правил использования водных ресурсов и система стимулирования лиц и предприятий, отвечающих за управление водопользованием, включающая:

-методы государственного регулирования: бюджетное целевое финансирование, льготное кредитование и налогообложение;

-методы стимулирования, базирующиеся на коммерческой деятельности эксплуатационных организаций: проведение водохозяйственных и водоохраных работ на платной основе; страхование гидротехнических сооружений и риска гражданской ответственности за вред, причиненный в результате их аварий.

В то же время, учитывая капиталоемкость водного хозяйства, необходимо предусмотреть участие бюджетного финансирования. Государственные дотации могут выделяться на строительство и реконструкцию крупных гидротехнических сооружений, водоснабжение сельского населения, водообеспечение орошаемого земледелия, мониторинг водных объектов, а также на предотвращение затоплений при паводках и наводнениях, охрану заповедных, водных объектов.

Участие государства должно проявляться в финансировании целевых мероприятий межреспубликанского, межрегионального масштаба. Бюджетным финансированием должна обеспечиваться также инфраструктурная деятельность водохозяйственных предприятий.

Проблема инвестиций в новое водохозяйственное строительство является еще более сложной, чем финансирование эксплуатационной деятельности. Длительность строительного цикла в водном хозяйстве в сочетании с инфляцией и отсутствием государственных гарантий не позволяет рассчитывать на привлечение не только средств частных инвесторов, но и собственных средств предприятий-водопользователей. Это делает государственную поддержку необходимым условием оживления инвестиций в водное хозяйство. Основными формами такой поддержки могут быть:

1. Строительство водохозяйственных объектов по контракту с будущими водопользователями; контракт должен предусматривать поэтапное возмещение затрат государства на строительство объекта водопользователями после ввода объекта в действие за счет прибылей, получаемых в результате использования водных ресурсов;

2. Привлечение средств инвесторов на условиях договоров о разделе продукции; в соответствии с договором, инвестору должно быть предоставлено право бесплатного использования водных ресурсов после создания водохозяйственного объекта; объемы и продолжительность бесплатного водопользования определяются размером инвестиций; квотой на бесплатное водопользование инвестор должен быть в праве распоряжаться по собственному усмотрению.

3. Совершенствование механизмов налогового регулирования, которое достигается обеспечением неразрывной связи стимулирования инвестиционной деятельности с конечным результатом инвестирования.

Нормативно-правовое и научно-техническое обеспечение управления водохозяйственной деятельностью предполагает разработку экономического ме-

ханизма, обеспечивающего финансирование водохозяйственных работ и включающего:

- формирование системы учета и экономической оценки использования водных ресурсов;

- разработку стимулирующей системы водопользования, учитывающей экономические интересы потенциальных инвесторов и способствующей привлечению инвестиций и применению водосберегающих технологий;

- переход на прямые договорные отношения между хозяйствующими водопользователями и государственными эксплуатационными предприятиями и участие водопользователей в финансировании водохозяйственной деятельности;

- поэтапное введение платного водопользования.

УДК 631.6

## **ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЕ НА ОСНОВЕ ФИНАНСОВОГО ОЗДОРОВЛЕНИЯ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ**

**Д.Ф. Хафизов, М.М. Хисматуллин**

Казанская ГСХА, Казань, Республика Татарстан, Россия;

**Роенко К.В.**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Исследования показывают, что важным условием эффективного функционирования сельскохозяйственных товаропроизводителей наряду с другими мерами является развитие предпринимательской деятельности, различных видов мелиорации, внедрение прогрессивных энерго- и трудосберегающих технологий, рациональное использование имеющихся ресурсов.

В Республике Татарстан большое внимание уделяется развитию ирригационной мелиорации, получению устойчиво высоких урожаев сельскохозяйственных культур, освоению разных форм хозяйствования. Так, на основе развития поливного земледелия и применения различных средств химизации (в среднем за 2000 - 2004 годы в республике внесено минеральных удобрений на уровне 43% от соответствующего показателя в целом по Приволжскому федеральному округу, органических удобрений -25%) в Республике Татарстан получена урожайность картофеля на 40%, а зерновых культур - в 1,8 раз выше, чем в целом по Приволжскому федеральному округу. Принимаются меры по дальнейшему укреплению материально-технической базы мелиоративных подразделений в республике.

Тем не менее, на дальнейшее развитие мелиорации, предпринимательской деятельности на селе отрицательное влияние оказывает недостаток финансовых

средств у сельхозтоваропроизводителей на инвестиции, освоение новых технологий, коренное обновление материально-технической базы. С каждым годом увеличивается кредиторская задолженность хозяйств.

Анализ хода реализации требований Федерального Закона «О финансовом оздоровлении сельскохозяйственных товаропроизводителей» с соответствующим постановлением Правительства РФ по этому вопросу показывает, что эти документы существенного улучшения финансового состояния сельскохозяйственных товаропроизводителей, по нашему мнению, не обеспечат, так как они в какой-то мере будут решать только проблемы отсрочки и рассрочки долгов, а вопросы списания даже части основного долга, формирования экономических условий функционирования многоукладной экономики в аграрной сфере остаются нерешенными. Именно поэтому в 2003 году сумма кредиторской задолженности в сельскохозяйственных организациях Республики Татарстан возросла на 17 %, а в 2004 году - еще на 18 % и превысила годовую сумму денежной выручки на 33 %, хотя и списано штрафов и пеней на сумму 1,5 млрд. руб. (7 % от суммы кредиторской задолженности на начало года).

Проведенный нами анализ состояния кредиторской задолженности сельскохозяйственных организаций Республики Татарстан показал (табл. 1), что в 55% хозяйствах кредиторская задолженность более чем в 1,5 раза превышает сумму денежной выручки, в 7,2% хозяйств - свыше 2,5 раза. И только в 2,7% хозяйств она меньше половины годовой суммы денежной выручки.

Материалы проведенного анализа свидетельствуют также о том, что рост кредиторской задолженности в определенной степени связан с недостаточно эффективным использованием имеющегося производственного потенциала. К примеру, в хозяйствах, где кредиторская задолженность более чем в 2,5 раза превышает годовую денежную выручку, получено на 100 руб. производственного потенциала валовой продукции (в сопоставимых ценах) на 44 % меньше по сравнению с хозяйствами, у которых задолженность по кредитам не превышает 50% выручки, прибыли - меньше в 13 раз. Приведенные данные свидетельствуют о том, что сельскохозяйственные товаропроизводители ныне находятся в таком состоянии, что их финансовое оздоровление без кардинальных мер со стороны государства невозможно. Но в то же время к решению проблемы финансового оздоровления сельскохозяйственных организаций необходимо подойти с учетом уровня использования ими имеющегося производственного потенциала.

В этом плане в первую очередь необходимо, на наш взгляд, на основе анализа эффективности производственной деятельности, качества менеджмента, уровня использования производственного потенциала, степени кредиторской задолженности установить способность сельхозтоваропроизводителей обеспечить на основе рационального использования производственных ресурсов более эффективное хозяйствование в дальнейшем.

Таблица 1 - Группировка сельскохозяйственных организаций Республики Татарстан по удельному весу кредиторской задолженности в денежной выручке (2004 год)

Показатели	Группы хозяйств по удельному весу кредиторской задолженности в денежной выручке, %						
	до 50	51-100	101-150	151-200	200-250	Свыше 250	Итого
Количество хозяйств	32	139	369	486	90	86	1202
То же в процентах к итогу	2,7	11,6	30,6	40,4	7,5	7,2	100
Кредиторская задолженность в процентах к денежной выручке	46	81	119	173	221	280	133
Списано пеней и штрафов в 2004 году, в процентах от суммы кредиторской задолженности	6	12	8	7	1	2	7
Целевое финансирование и поступления из бюджета, всего, млн. руб. в том числе: на 100 руб. производственного потенциала, руб. в процентах к денежной выручке	79 129 12	384 151 14	938 173 16	1164 189 19	141 219 19	175 240 4	2881 179 17
Получено в расчете на 100 руб. производственного потенциала, руб.: валовой продукции в сопоставимых ценах прибыли	118 243	96 158	87 168	71 28	87 183	66 18	82 109

Следующий шаг - списание кредиторской задолженности по основному долгу по тем хозяйствам, которые используют производственный потенциал не менее чем на 70% и способны обеспечить, опираясь на предусмотренные приоритетным национальным проектом «Развитие агропромышленного комплекса» Российской Федерации меры, более эффективное использование имеющегося потенциала, повысить доходность производства, вести хозяйство на расширенной основе. Возможно осуществление списания кредиторской задолженности сельхозтоваропроизводителей в несколько этапов - по мере создания для этого необходимых ресурсов.

Одновременно требуется создание необходимых макроэкономических условий, исключающих повторное накопление долгов у сельхозтоваропроизводителей по независящим от них причинам. В этом отношении, прежде всего, следует выделить необходимость усиления государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Несмотря на то, что удельный вес сельского хозяйства в валовом внутреннем продукте страны составляет 5%, на поддержку сельскохозяйственных товаропроизводителей из бюджетов всех уровней выделено всего 0,5%, что в 4,8 раза меньше чем в 1991 году. Считаем, что увеличение доли расходов бюджета на финансирование сельского хозяйства хотя бы до уровня 1991 года (в процентном отношении) является необходимым условием эффективного хозяйствования сельхозтоваропроизводителей без накопления дополнительных долгов.

Важным условием, исключающим повторное накопление долгов у сельхозтоваропроизводителей, обеспечения их эффективного функционирования, является совершенствование системы ценового регулирования. Известно, что важным принципом рыночной экономики является формирование рыночных цен на основе соотношения спроса и предложения на товар. Однако в сельском хозяйстве в силу ряда причин сфера действия равновесных цен сужается. Поэтому цены на продукцию, реализуемую государству, должны быть гарантированными, устанавливаться на основе целевых цен с учетом необходимости обеспечения паритетности обмена сельского хозяйства с другими отраслями экономики, получения работниками сельского хозяйства доходов на уровне среднего дохода по отраслям экономики и прибыли, достаточной для ведения расширенного воспроизводства. К сожалению, действующие цены на продукцию сельского хозяйства пока этим требованиям не отвечают.

Важное значение в исключении повторного накопления долгов у сельхозтоваропроизводителей имеют другие меры государственной поддержки: по линии страхования агропромышленного производства, компенсации части затрат на приобретение энергоносителей, материальных ресурсов, мелиорацию земель и другие.

Что же касается тех хозяйств, которые имеют высокий уровень кредиторской задолженности, используют производственный потенциал менее чем на 70% и не способны обеспечить эффективное его использование в дальнейшем, то в отношении к ним целесообразно применять, по нашему мнению, процедуру банкротства. На их базе целесообразно формировать новые субъекты предпринимательской деятельности, в том числе и крестьянские (фермерские) хозяйства.

Важным источником инвестиции при этом может служить (наряду с другими каналами) привлечение средств инвесторов. В Республике Татарстан в 2004 году в развитие сельского хозяйства вложено 9 млрд. руб. средств инвесторов, что в три раза превышает все поступления из бюджета. В 2005 году около 8 млрд. руб. инвесторы направили на создание на базе убыточных хозяйств агропромышленных фирм по производству, переработке и реализации конечной продукции, на коренное обновление материально-технической базы, восстановление мелиоративных угодий и совершенствование технологии производства. За 2004-2005 годы в республике на 226 единиц (10,5%) увеличилось и количество крестьянских (фермерских) хозяйств. Именно в фермерских хозяйствах наблюдается наиболее эффективное использование мелиоративной техники. Так на орошаемых землях крестьянско-фермерского хозяйства «Сафия» Арского района, используя прогрессивные технологии капельного и поверхностного орошения, ежегодно получают более 500 центнеров с гектара картофеля.

Таким образом, создание необходимых условий для дальнейшего развития мелиорации, предпринимательской деятельности на основе финансового оздоровления сельскохозяйственных организаций требует комплексного подхода на основе объединения усилий государства, регионов и самих хозяйствующих субъектов.

#### **Литература**

1. Об актуальных проблемах развития сельского хозяйства Российской Федерации. - М.: ФГНУ «Росинформагротех, 2005. - 59 с.

УДК 626.923.2

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЯ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЕКТОВ**

**И.Ф. Юрченко**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Обоснование эффективности инвестиционных мелиоративных проектов требует сбора, обобщения, агрегирования и анализа большого объема факто-

графической информации и выполнения многовариантных расчетов, занимающих большую часть времени высококвалифицированных специалистов.

С целью повышения производительности труда и качества принимаемых решений при обосновании эффективности инвестиционных мелиоративных проектов разработана информационно-советующая система ИСС «ЭФФЕКТИВНОСТЬ»

«ЭФФЕКТИВНОСТЬ» обеспечивает:

- автоматизацию расчетов подраздела разработки проектной документации «Современное состояние сельскохозяйственного производства», которые необходимы для оценки в границах объекта мелиорации:

- ресурсов сельскохозяйственных, водохозяйственных и других предприятий;

- экспликации земель;

- структуры товарной продукции;

- объема реализации зерновых культур;

- структуры посевных площадей;

- урожайности основных сельскохозяйственных культур;

- состояния животноводства;

- производства сельскохозяйственной растениеводческой продукции;

- производства кормов сельхозпредприятиями;

- наличия основных фондов и их структуры;

- себестоимости основных видов продукции;

- ежегодного чистого дохода от операционной деятельности;

- ущерба от неудовлетворительного состояния реконструируемого объекта мелиорации сельскому хозяйству из-за недополучения с/х продукции и/или деградации земель; рыбному хозяйству из-за ликвидации и/или неудовлетворительного обеспечения прудов; энергетике из-за прекращения выработки электроэнергии; водоснабжению; коммунальному хозяйству из-за затопления и подтопления населенных пунктов.

- автоматизацию расчетов подраздела проектной документации «Использование с.-х. угодий по проекту», включающих оценки:

- объема ежегодного производства сельскохозяйственной растениеводческой продукции на мелиорируемых землях;

- себестоимости основных видов продукции;

- роста цены земли, обусловленной воспроизводством почвенного плодородия за счет проведения мелиоративных мероприятий;

- ежегодного чистого дохода от операционной деятельности.

- автоматизацию расчетов подраздела «Экономическое обоснование инвестиций», включающих определение за период функционирования (не менее 25-30 лет) коммерческой, бюджетной и народно-хозяйственной (общественной) эффективности мелиоративного проекта;



- графо-аналитическое определение срока окупаемости инвестиций в мелиоративные проекты за период функционирования объекта по приросту чистого дохода для коммерческой, бюджетной и народно-хозяйственной (общественной) эффективности.

Освобождение от рутинных расчетных операций позволит специалистам уделять большее внимание выбору вариантов расчетов и оценке последствий принимаемых решений при проектировании строительства (реконструкции) объектов мелиорации.

Функциональные блоки ИСС - «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» делятся на четыре группы:

- группа первая – «Ввод данных», обеспечивающая ввод исходной информации, необходимой для автоматизированных расчетов разделов проектной документации по обоснованию эффективности инвестиций в мелиорацию;

- вторая – «Оценка», обеспечивает автоматизацию расчетов подразделов проектной документации по оценке «Современного состояния сельскохозяйственного производства» и «Использования с.-х. угодий по проекту»;

- третья – «Эффективность», обеспечивает выполнение автоматизированных расчетов подраздела «Экономическое обоснование инвестиций»;

- четвертая – «Отчеты» отвечает за выдачу материалов в формате документации по обоснованию эффективности инвестиций при проектировании строительства (реконструкции) объектов мелиорации.

Принятая структура обеспечивает большую степень свободы для пользователя, позволяя в зависимости от потребности выполнять конкретные процедуры в желаемой последовательности.

Исходная информация, необходимая для обоснования эффективности инвестиционных мелиоративных проектов, вводится, как правило, в табличной форме. Макеты таблиц для ввода исходной информации максимально приближены к формату таблиц, традиционно используемых при разработке вышеуказанных разделов проекта, и сгруппированы на листах электронной таблицы **EXCEL** пакета **MICROSOFT OFFICE**.

Расчеты по оценке современного состояния сельскохозяйственного производства, использования с.-х. угодий по проекту и экономическому обоснованию инвестиций выполняются автоматически.

По результатам расчета формируются (в виде таблиц и графиков) материалы проектной документации по обоснованию эффективности инвестиций при проектировании строительства (реконструкции) объектов мелиорации.

Обращение к функциональным блокам ИСС осуществляется по кнопкам «Меню» «Главной формы» (рис. 1).

Оценки современного состояния сельхозпроизводства на мелиорируемых землях и использования с.-х. угодий по проекту выполняются по традиционным

алгоритмам, согласно рекомендациям нормативно – справочных документов, функционирующих в сфере АПК. Результирующие данные сведены в таблицы, просмотр которых осуществляется по «кнопкам» «Меню» формы для просмотра результатов автоматизации соответствующих разделов.

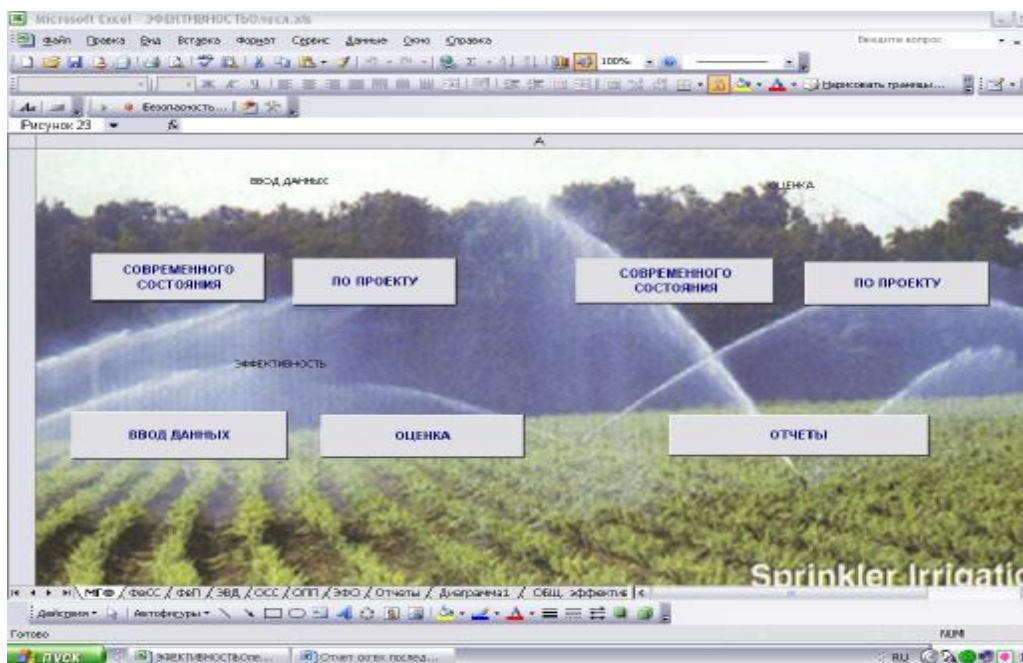


Рисунок 1 - «Меню» «Главной формы» информационно – советующей системы

Оценка эффективности инвестиций в строительство (реконструкцию) мелиоративных объектов осуществляется согласно алгоритмам, представленным в «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция)», утвержденных Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госстроем РФ в 1999 году, с учетом особенностей мелиоративных мероприятий, отраженных в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (РД–АПК 3.00.01.003-03).

Примеры форматов выходной информации представлены на рисунке 2. Специализированная прикладная программа ИСС – «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» использует средства пакета Microsoft Office 2003 операционной среды Windows 2000, Windows XP. Для поиска решений привлекаются мощные вычислительные возможности электронных таблиц EXCEL. Подготовка необходимых отчетов и представление выходных документов, включающих таблицы, графики и другую информацию, выполняется также средствами EXCEL.

Для функционирования автоматизированной системы требуются следующие технические средства: персональный компьютер с микропроцессором не ниже Pentium 4 и оперативной памятью не менее 256 МВ, принтер.

Работа с ИСС - «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» осуществляется с помощью кнопок «Меню» «Главной формы» ИСС (рис.1) и кнопок «Меню» встроенных форм.

Доступ к последним обеспечивается «Меню» Главной формы. В свою очередь «Меню» встроенной формы обеспечивает доступ к формам следующего иерархического уровня и т. д.

Таблица 5 – Реализация зерновых культур в динамике

Виды продукции	Объем реализации, ц				% от 2004г
	2004г.	2005г.	2006г.	средняя	
Яровая пшеница	90961,00	33645,00	49549,80	58051,93	99,67
Овес	303,00	24,00	0,00	163,50	0,33
Итого	91264,00	33669,00	49549,80	58160,93	100,0

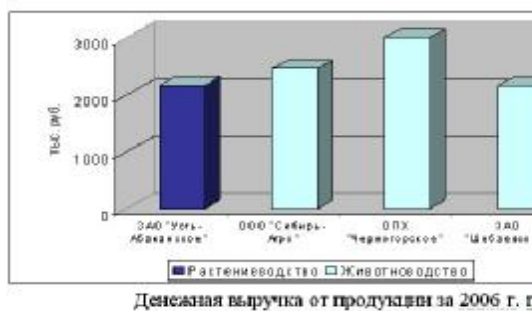


Рисунок 2 – Примеры форматов выходной информации

В заключение следует отметить:

1. Разработана информационно-советующая система, представляющая мощный инструментальный поддержки решений при обосновании эффективности инвестиционных мелиоративных проектов.

2. Система позволяет организовать сбор, обобщение, агрегирование и анализ большого объема фактографической информации и выполнять в автоматизированном режиме многовариантные расчеты, освобождая высококвалифицированных специалистов от рутинных операций, что позволяет им уделять большее внимание вариантным расчетам и оценке последствий принимаемых решений при проектировании строительства (реконструкции) объектов мелиорации.

3. Функциональные блоки ИСС - «Эффективность»:

- обеспечивают ввод исходной информации, необходимой для автоматизированных расчетов разделов проектной документации по обоснованию эффективности инвестиций в мелиорацию;

- автоматизацию расчетов подразделов проектной документации по оценке «Современного состояния сельскохозяйственного производства» и «Использования с.-х. угодий по проекту»;

- выполнение автоматизированных расчетов подраздела «Экономическое обоснование инвестиций»;

- выдачу отчетов в формате проектной документации по обоснованию эффективности инвестиций при проектировании строительства (реконструкции) объектов мелиорации.

4. Результаты работ, в первую очередь, предназначены для специалистов проектных организаций, но могут использоваться научно-исследовательскими учреждениями и другими организациями, предприятиями и учреждениями, а также специалистами, занимающимися обоснованием эффективности инвестиций в строительство (реконструкцию) объектов мелиорации .

5. Использование ИСС в практике проектирования позволит повысить производительность труда до 30%, информационное обеспечение процедур принятия управленческих решений до 20%, качество принимаемых управленческих решений по эффективности инвестиций до 25%.

6. ИСС разработана на основе электронных таблиц EXCEL пакета Microsoft Office и поставляется на компакт-диске CD-ROM. Система обладает «дружественным интерфейсом» и для «общения» не требует от пользователя специальных навыков.

#### **Литература**

1. «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция)», М.1999

2. . Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (РД-АПК 3.00.01.003-03)

3. Справочник по планированию и экономике сельскохозяйственного производства. М. Россельхозиздат, 1983.

4. Старов Н.Н. Теория и практика использования инвестиционного мультипликатора при обосновании целесообразности развития транспортной инфраструктуры: автореферат дисс...к.э.н., М, 2000.